Astr. U.
181.i

Astr. U. 181 i
Schelle

Lehrgang

der

populären Astronomie

und

mathematischen Geographie

für

Gymnasien

bearbeitet

von

A. Kaspar Schelle,
Professor am K. Gymnasium in Kempten.

Zweite verbesserte Auflage,
mit 27 in den Text eingedruckten Figuren.

Kempten.
Verlag der Jos. Kösel'schen Buchhandlung.
1882.

☞ Durch hohen Ministerial-Erlaß in das Verzeichnis der gebilligten Lehrbücher aufgenommen.

B

Verlag der Jos. Kösel'schen Buchhandlung in Kempten.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.

Adolphi, A. v., **Artemisia.** Historische Novelle aus der römischen Kaiserzeit. kl. 8°. Preis broch. 2 ℳ 50 ₰., eleg. geb. 3 ℳ 40 ₰.

Antihypochondricus. Sammlung von 198 neuen Anekdoten nebst drei humoristischen Deklamationsstücken. Herausgegeben von einem schwäbischen Landpfarrer. Zweite Auflage. 12°. broch. Preis 75 ₰.

Baumann, Dr. F. L., **Die oberschwäbischen Bauern im März 1525 und die 12 Artikel.** 8°. broch. Preis 1 ℳ 40 ₰.

— — **Illustrirte Geschichte des Allgäus.** 8°. Erscheint in circa 18 Lieferungen à 1 ℳ 20 ₰; bisher erschienen 4 Lieferungen.

Burgartz, C. F., **Höflichkeits- und Anstandslehre** für Feiertags-, Fortbildungs-, Real-, Präparanden- und Lateinschulen, sowie für Erwachsene zum Selbstunterrichte. Dritte Auflage (1877). 12°. Preis broch. 70 ₰, gebd. 1 ℳ.

Ein erfahrener Pädagog (s. „Aehrenlese" 1874 Nro. 6) sagt: „Dieses vortreffliche Büchlein ist weder ein pures Moral- noch auch ein bloßes Komplimentierbuch, sondern zwischen beiden die Mitte haltend ein Schul- und Hausbuch für einen ebenso wichtigen als leider nur allzu vielfach unterschätzten und vernachlässigten Zweig der Pädagogik. Der Verfasser zeigt auf jeder Seite desselben einen entschiedenen pädagogischen Beruf, feines Gefühl für Anstand und gute Sitte und eine reiche Erfahrung auf dem Gebiete vielgestaltiger Lebensverhältnisse." — Wir empfehlen diese „Höflichkeitslehre" allen Schulmännern angelegentlich zur Beachtung, umsomehr, als selbe durch hohe Entschließung des k. b. Cultusministeriums vom 30. Mai 1874 zur Anschaffung empfohlen wurde. Dieser Umstand, sowie das so rasche Nöthigwerden einer dritten Auflage überhebt uns jeder weiteren Anpreisung.

Disciplinarsatzungen für die Schüler der Studien-Anstalten des Königreichs Bayern. Oktav-Ausgabe (fünfte Auflage) 10 ₰., Taschen-Ausgabe (zweite Auflage) 20 ₰., Folio-Ausgabe unaufgezogen 30 ₰., aufgezogen 50 ₰.

Disciplinarsatzungen für die Schüler der Realschulen des Königreichs Bayern. Oktav-Ausgabe (3. Aufl.) 10 ₰, Taschen-Ausgabe 20 ₰.

Dupanloup, **Ueber die Freimaurerei.** Eine Studie. (1875.) 8°. Preis 90 ₰.

L'Echo français. Journal non politique, rédigé par D. Dornier. 4°. Jahrgang 1868 bis 1872. Preis pro Jahrg. einzeln 6 ℳ, alle zusammengenommen à 3 ℳ.

Einsle, L., **Systematische Zusammenstellung** der vorzüglichsten europäischen Maße, Gewichte und Münzen, mit besonderer Rücksicht auf das Königreich Bayern und die größeren Zollvereinsstaaten, nebst vielen erläuternden und gemeinnützigen Anmerkungen, auch Notizen über die bayer. Landesvermessung und den bayer. Grundsteuerkataster enthaltend, für Schulen und zum Privatgebrauche, als praktischer Anhang zu jedem Lehrbuche der Arithmetik. gr. 12°. Herabgesetzter Preis 60 ₰.

Entwurf, kurzer, einer **Globuslehre** für Werk- und Feiertagsschulen, von dem Verfasser der Höflichkeits- und Anstandslehre für Schulen. kl. 8°. Preis 20 ₰.

Gratz, Dr. L. Clem., **Erd- und Länderkunde der hl. Schrift** für kath. Schulen und Familien. 12°. Herabgesetzter Preis 70 ₰.

Lehrgang
der
populären Astronomie
und
mathematischen Geographie
für
Gymnasien
bearbeitet
von

A. Kaspar Schelle,
Professor am K. Gymnasium in Kempten.

Zweite, verbesserte Auflage,
mit 27 in den Text eingedruckten Figuren.

Durch hohen Ministerial-Erlaß in das Verzeichnis der gebilligten Lehrbücher aufgenommen.

Kempten.
Verlag der Jos. Kösel'schen Buchhandlung.
1882.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Vorwort zur zweiten Auflage.

Bei der Ueberarbeitung des vorliegenden Lehrbüchleins war vorzugsweise der erfreuliche Umstand maßgebend, daß sich dasselbe in erster Auflage trotz mannigfacher Mängel und Lücken, die sich bei dessen Gebrauch in der Schule alsbald geltend gemacht haben, dennoch von verschiedenen Seiten einer nachsichtigen und aufmunternden Beurteilung erfreute und von der höchsten Stelle durch die Aufnahme in das Verzeichnis der gebilligten Lehrbücher die wohlwollendste Anerkennung gefunden hat.

Ehe ich dieselbe in Angriff nahm, wandte ich mich wegen der wünschenswerten und notwendigen Veränderungen an einige HH. Kollegen, die sich desselben beim Unterrichte bedient haben. Für die freundliche Bereitwilligkeit, mit welcher mir diese mit Rat und Vorschlägen entgegengekommen, fühle ich mich verpflichtet, hiermit den verbindlichsten Dank auszusprechen. Durch allseitige Berücksichtigung der mir von jener Seite zugekommenen Wünsche und Abänderungsvorschläge darf ich hoffen, daß ich mit dieser zweiten Auflage meines Lehrgangs dem angestrebten Ziele, dem Lehrer einen systematisch gegliederten Leitfaden und dem Schüler ein entsprechendes Lehr- und Uebungsbuch in die Hand zu geben, wesentlich näher gerückt bin.

Was die Einteilung anbelangt, so ist dieselbe im allgemeinen unverändert geblieben, nur sind die in der ersten Auflage in den vier Hauptabschnitten verteilten Aufgaben, soweit dieselben nicht allgemeiner Natur sind und zur Erläuterung des behandelten Lehrstoffes dienen, am Schlusse des Werkchens in einem eigenen Anhang zusammengestellt worden. Diese bilden die eigentlichen Uebungsaufgaben, die durch entsprechende Kombinierung der in den angeführten Tabellen enthaltenen Daten vielfach modifiziert werden können. Die zuletzt aufgeführten Aufgaben, die Berechnung von Finsternissen, werden wohl kaum in der Schule bewältigt werden.

Es soll in denselben dem Leser, der sich auch noch außer der Schule für den Gegenstand interessiert, in speziellen Beispielen der Gang der elementaren Berechnung vorgeführt werden, der in allen ähnlichen Fällen unter den nötigen Voraussetzungen verfolgt werden kann. Gleiches gilt für einige andere Aufgaben und namentlich für die historischen Abschnitte, aus welchen nur einige hervorragende Momente wirklich memoriert werden mögen.

Wie schon in der ersten Auflage bemerkt wurde, mußte bei dem Drange nach Kürze und Uebersichtlichkeit manche dem Verständnisse schwieriger zugängliche Materie dem mündlichen Vortrage und ausführlicherer Besprechung und Erklärung von Seite des Lehrers vorbehalten werden. Die letztere erheischt vorzugsweise bildliche Darstellungen, die in dem vorliegenden Büchlein auf ein sehr bescheidenes Maß beschränkt wurden, weil die zu dem genannten Zwecke geeigneten Zeichnungen möglichst genau und ziemlich umfangreich sein sollen, was in dem beschränkten Raume eines Lehrbuches nicht leicht möglich ist. Solche Zeichnungen dürften am besten auf eigenen Wandtafeln oder in größeren Werken abgebildet, vorgezeigt werden. Ebenso dürfte es zweckmäßig sein, hie und da auch einfache Beobachtungen und Messungen mit den Schülern vorzunehmen, insoferne dieselben nur kurze Zeit beanspruchen. In dieser Beziehung standen dem Verfasser zu Gebote ein Quadrant und Sextant zur Messung von Sonnenhöhen, ein Repetitionstheodolit, die große Himmelskarte von Dr. Möllinger, ein größerer Atlas des gestirnten Himmels u. a.

Als Hilfsmittel wurden außer den einschlägigen Werken von Dr. Littrow, v. Humboldt, Dr. Müller, Dr. Bauernfeind benützt: „die astronomische Geographie bis Eratosthenes" von Dr. Schäfer, Oberlehrer in Flensburg, und das „Buch der denkwürdigsten Entdeckungen auf dem Gebiete der Länder- u. Völkerkunde" von Thomas, und die Principien der Mechanik von Dr. Jolly.

Schließlich empfehle ich auch die gegenwärtige zweite Auflage meines Büchleins wohlwollender Aufnahme und Beurteilung.

Kempten, im Januar 1882.

K. Schelle.

Aufgabe und Einteilung der Astronomie.

Die Astronomie oder Sternkunde ist die Wissenschaft von den Bewegungserscheinungen der Himmelskörper, und dieselbe kann somit auch als die Mechanik des Himmels bezeichnet werden. Sie ist demnach denjenigen Zweigen der Naturwissenschaften beizuzählen, zu deren Begründung, Entwicklung und Anwendung alle die Hilfsmittel erforderlich sind, die in ihrer weitreichenden Ausbildung nur die Zeichensprache der höheren Mathematik bietet. Indessen sind die im Weltraume mehr oder weniger periodisch auftretenden astronomischen Erscheinungen im allgemeinen von der Art, daß eine richtige Auffassung und ein klares Verständnis derselben auch demjenigen zugänglich, der nicht in der Lage ist, eine breitere Basis des mathematischen Wissens sich anzueignen. In diesem Sinne hat das Studium der Astronomie auch in weiteren Kreisen Eingang gefunden als sogenannte populäre Astronomie, welche die Aufgabe hat, die Grundzüge der wissenschaftlichen Astronomie in einer einfachen, nur durch die Elementarmathematik vermittelten Fassung darzustellen.

Mit Rücksicht auf Zweck, Umfang und Methode, die bei der Darstellung der wissenschaftlichen Astronomie verfolgt werden, wird dieselbe gewöhnlich in den nachbenannten Unterabteilungen behandelt.

1. Die sphärische Astronomie, welche die Bewegungserscheinungen der Himmelskörper so betrachtet, wie sie sich am Himmel von unserem Standpunkte aus unmittelbar darstellen. Die

Gestirne erscheinen hiebei in der Oberfläche einer Hohlkugel, in deren Mittelpunkt der Beobachter sich wähnt. Dieser Zweig der Astronomie bildet zugleich die wichtigste Anwendung der sphärischen Trigonometrie.

2. Die theoretische Astronomie, welche aus dem sinnlichen Scheine der Bewegungen der Himmelskörper nachweist, wie dieselben wirklich erfolgen. (Analytische Methode.)

3. Die physische Astronomie behandelt die speziellen Licht- und Bewegungserscheinungen der Himmelskörper und zeigt, wie und warum sich dieselben aus den Grundgesetzen der Physik ableiten und erklären lassen. (Synthetische Methode.)

4. Die praktische Astronomie. Diese befaßt sich mit der Kenntnis der astronomischen Instrumente und deren Gebrauch bei den Beobachtungen und Messungen.

In unzertrennlicher Verbindung mit der populären Astronomie steht die mathematische Geographie, welche die Erde als einen Weltkörper betrachtet, deren Gestalt, Größe und Bewegung im Weltraume bestimmt und die Beziehungen derselben zu den Himmelskörpern untersucht und erklärt.

I. Abschnitt.

Die Himmelskugel, die Himmelskörper und ihre scheinbaren Bewegungen.

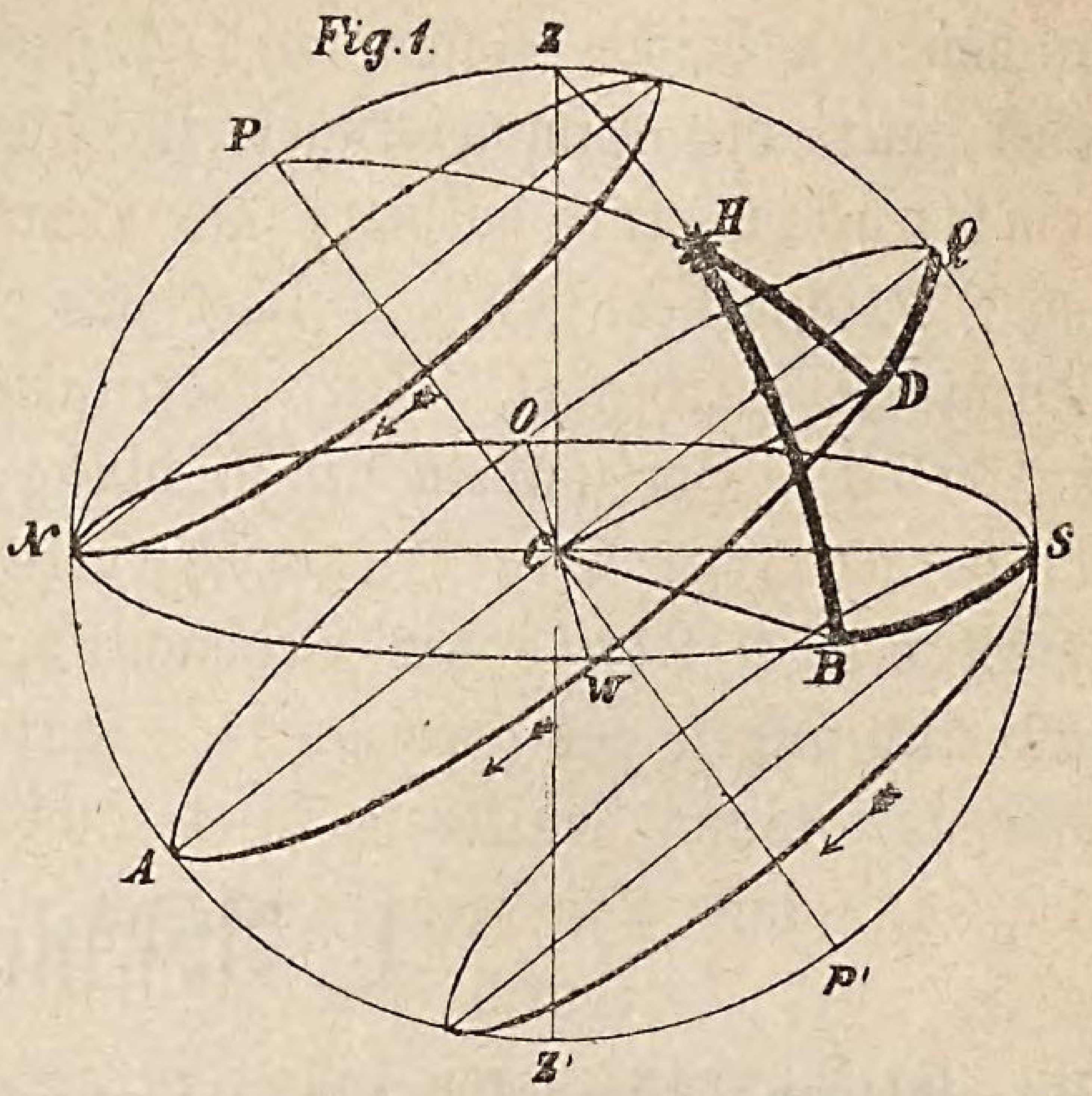
A. Beobachtung der Himmelskugel und der täglichen Rotation derselben. Fig. 1.

Schon die oberflächliche Beobachtung der Außenwelt führt uns zur Unterscheidung zwischen Erde, dem begrenzten Gebiete, das alles umfaßt, was mit unserem Wohnplatze unmittelbar zusammenhängt, und Himmel, dem unermeßlichen Schauplatze der von jener räumlich getrennten Himmelskörper oder Gestirne.

Wählen wir zur Beobachtung einen erhabenen freien Standpunkt, etwa auf einer ausgedehnten Landebene oder auf dem Meere, so erscheint uns der Himmel als eine halbe oben gedrückte Hohlkugel und die Erde als eine mehr oder weniger weit ausgedehnte kreisförmig begrenzte Fläche, in deren Mitte wir uns befinden. Der sinnliche Kreis, über welchem die Himmelskugel auf der Erde zu ruhen scheint, heißt Gesichtskreis oder scheinbarer Horizont (NOSW), die durch das Auge des Beobachters zu diesem parallel gelegte Ebene wahrer Horizont, und jede andere Ebene parallel zu demselben, Horizontalebene.

Eine gerade Linie durch unseren Standpunkt, senkrecht zum Horizont gedacht, gibt oben das Zenith oder den Scheitelpunkt als höchsten Punkt der Himmelskugel, unten das Nadir oder den Fußpunkt. Diese beiden Punkte (Z und Z′) geben zugleich die

Endpunkte der Achse oder die Pole des Horizontes. Ebenen, welche durch die Achse gelegt werden, also senkrecht zur Ebene des Horizontes, nennen wir Vertikal- oder Höhenkreise, Ebenen, parallel zu demselben, Almukantharat. Die ersteren sind Haupt-, die letzteren Nebenkreise der Himmelskugel.



Zur künstlichen Bestimmung der Horizontalebene haben wir die Libelle oder Wasserwage und zur Bestimmung der Vertikalrichtung das Bleilot (lotrechte Richtung).

Am heiteren Himmel erblicken wir die Himmelskörper und zwar bei Tage die Sonne, und während der Nacht außer dem Monde, der auch vielfach bei Tag sichtbar, eine unzählige Menge von Sternen in einer ununterbrochenen gemeinschaftlichen Bewegung begriffen, die sich für jeden einzelnen Stern in 24 Stunden in der Richtung von Aufgang oder Ost gegen Untergang oder West zu einem vollständigen Kreise ergänzt. Diese Erscheinung des Auf- und Unterganges der Himmelskörper erweckt in uns die Vorstellung, daß der sichtbaren Halbkugel eine unsichtbare unterhalb des Horizonts befindliche entspricht, durch welche jene ergänzt wird zur vollständigen Himmelskugel, in deren Mitte die Erde mit dem Beobachter sich befindet. Die genauere Beobachtung dieser gemeinsamen Bewegung zeigt, daß die Himmelskörper in einer gewissen Weltgegend kleinere und in zunehmender Entfernung von derselben größere unter sich parallele Kreise beschreiben. Diese Erscheinung erklären wir zunächst durch die Annahme, die Himmelskugel bewege sich um eine gerade Linie als Achse, die wir Weltachse (PP') nennen. Die Endpunkte dieser Achse, die alle Mittelpunkte der von den Himmelskörpern beschriebenen Kreise enthält, heißen die Weltpole, von welchen der eine, der Nordpol, für uns in der sichtbaren, der andere, der Südpol, in der unsichtbaren Hemisphäre liegt. Die von den Gestirnen alltäglich beschriebenen Kreise sind senkrecht zur Rotationsachse und nehmen

gegen die Pole hin an Größe ab. Der größte Kreis in der Mitte zwischen den beiden Polen wird Aequator genannt. Dieser Kreis (AQ) teilt die Himmelskugel in die nördliche und südliche Hemisphäre und halbiert als Hauptkreis auch den Horizont in einem Durchmesser (OW), welcher den eigentlichen Ostpunkt mit dem Westpunkte verbindet. Der Vertikalkreis durch die Pole durchschneidet den Horizont in der Richtung Süd-Nord (Mittag und Mitternacht). Die Durchschnittslinie (CS) derselben gibt die Mittags-Linie des Beobachtungsortes. Die genannten vier Hauptrichtungen des Horizontes, Haupt- oder Weltgegenden genannt, teilen denselben in 4 Quadranten, deren jeder wieder durch Annahme von Zwischenrichtungen in drei weitere Teile geteilt wird, wodurch wir die sogenannte Windrose erhalten. Die vier Weltrichtungen sollen in der Folge mit O, W, S und N bezeichnet werden, und die Zwischenrichtungen mit NO, NNO, NOO u. s. f.

Ein Gestirn im Aequator hat die eine Hälfte seiner Bahn in der sichtbaren Hemisphäre, d. h. der Tagbogen ist gleich dem Nachtbogen. Ein Gestirn nördlich vom Aequator hat einen längeren Tagbogen und geht nördlich vom wahren Ost- und West-Punkte auf und unter, und ein Gestirn südlich vom Aequator südlich von demselben. Die Abweichung der Auf- und Untergangspunkte vom wahren Ost und West nennen wir beziehungsweise Morgen- und Abendweite, Gestirne in der Nähe des Poles gehen für uns nicht unter; ebenso gibt es Gestirne in der Nähe des Südpoles, die für unsere Gegenden nicht aufgehen. Hierauf gründet sich die Einteilung der Himmelskugel in drei Regionen: die Aequatorial-, die nördliche und südliche Circumpolar-Region.

Ebenen durch die Weltachse gelegt, stehen senkrecht auf dem Aequator und heißen Deklinationskreise oder Himmelsmeridiane. Kreise parallel zum Aequator, also auch alle Kreise, welche die Gestirne beschreiben, werden Parallelkreise genannt.

Der Deklinationskreis, der durch das Zenith eines Ortes geht, heißt dessen Meridian, weil der betreffende Ort Mittag hat in dem Augenblicke, in welchem die Sonne bei der Kulmination denselben durchschneidet. Der Meridian ist also zugleich Vertikalkreis, und zwar jener Vertikalkreis, der durch die Weltpole geht. Der Meridian halbiert die Tag- und die Nachtbogen der Gestirne.

Die nördlichen Circumpolar-Gestirne haben zwei Kulminationen in der sichtbaren Hemisphäre, eine obere und eine untere Kulmination.

Unter den Himmelskörpern, welche wir auf der Erde beobachten, nimmt die Sonne als „Weltleuchte und Urquell des Lichtes und der Wärme" den ersten Rang ein, nach ihr der Mond, der in seinen periodisch wechselnden Lichtgestalten die Nacht beleuchtet. Außer diesen zwei Himmelskörpern bemerken wir am Himmel die unzählige Schaar der Sterne als stärkere oder schwächere Lichtpunkte, von welchen wir zunächst unterscheiden:

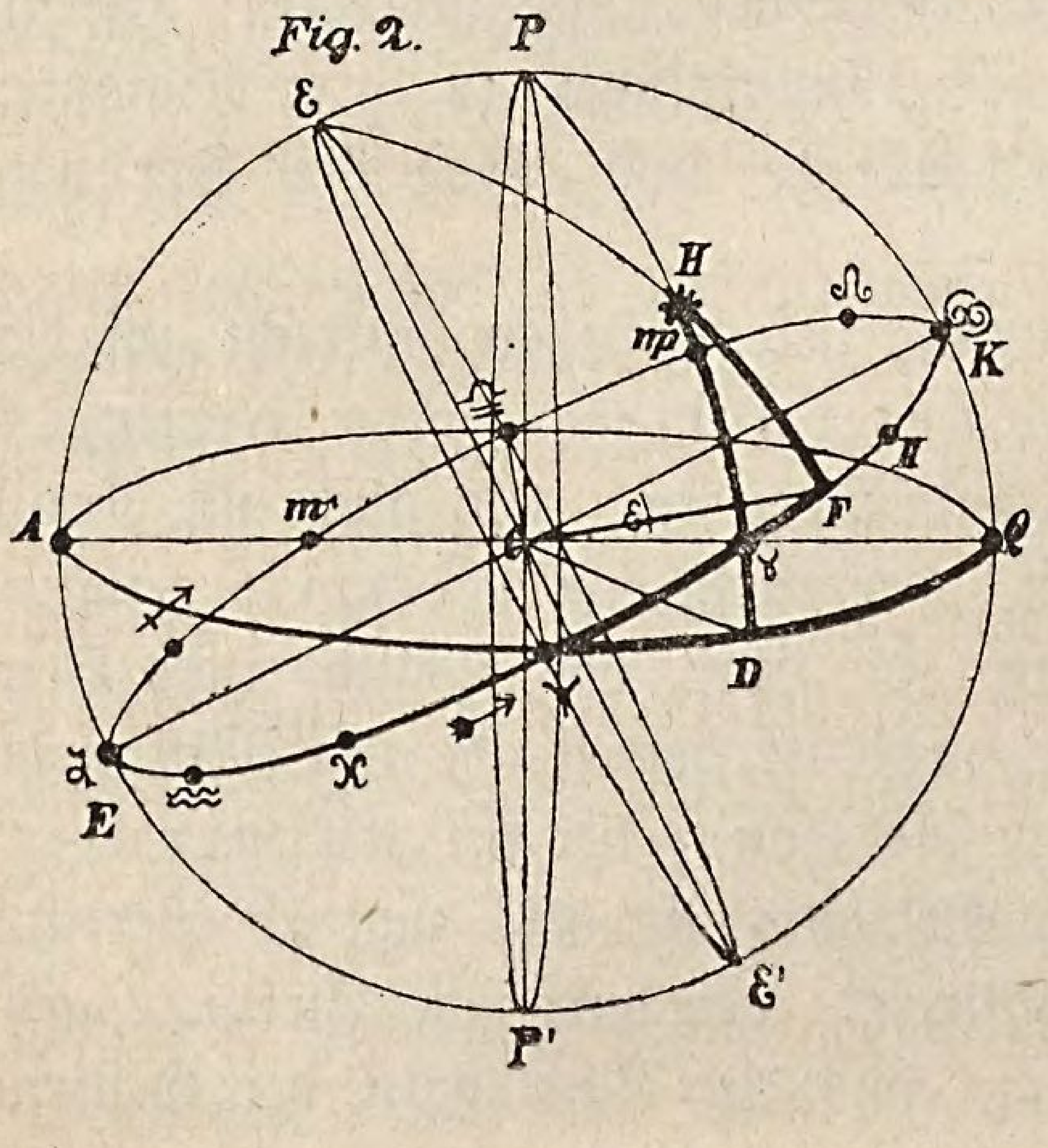
1) Die Fixsterne, die ihre gegenseitigen Stellungen beibehalten, so daß sie die unveränderlichen Sternbilder geben und beziehungsweise jeden Tag denselben Kreis an der Himmelskugel beschreiben,

2) die Planeten oder Wandelsterne, die mehr oder weniger regelmäßig sich bewegend bald in dieser, bald in jener Gegend des Sternenhimmels beobachtet werden.

B. Beobachtung der Sonne in ihrer jährlichen Bewegung.

Fig. 2.

Beobachten wir etwa von Woche zu Woche die vor der Sonne aufgehenden und nach derselben untergehenden Gestirne und Sternbilder, so bemerken wir, daß sich jene in der sichtbaren Hemisphäre des Himmels in der Richtung von W über S gegen O fortbewegt und in der Zeit eines Jahres einen größten Kreis beschreibt, die Sonnenbahn oder Ekliptik (EK), welche als solcher den Aequator halbiert und unter einem Winkel von nahezu 23° 30′ = ε durchschneidet. Diesen Winkel nennen wir die Ekliptik-Schiefe und die Durchschnittspunkte der



Sonnenbahn mit dem Aequator die Aequinoktialpunkte, weil wir zur Zeit, in welcher die Sonne sich in denselben befindet, Tag und Nacht gleich lang haben. Der nördlichste Punkt (K) der Ekliptik, 90° von den Aequinoktien entfernt, wird der Sommer- und der entsprechende Punkt E südlich von der Ekliptik der Wintersolstitial-Punkt genannt. Die durch diese vier Punkte begrenzten Teile der Ekliptik entsprechen den vier Jahreszeiten. Jeder derselben wird wieder in drei Teile getheilt von je 30°, die nach den Namen der in ihrer Nähe befindlichen Sternbilder bezeichnet werden. Sie sind vom Frühlingspunkte an in der Richtung W-S-O aufgezählt: Widder ♈, Stier ♉, Zwillinge ♊, Krebs ♋, Löwe ♌, Jungfrau ♍, Wage ♎, Scorpion ♏, Schütze ♐, Steinbock ♑, Wassermann ♒, Fische ♓. Dieselben sind in den bekannten zwei versus memoriales enthalten:

Sunt aries, taurus, gemini, cancer, leo, virgo,
Libraque, scorpius, arcitenens, caper, amphora, pisces.

Die Senkrechte durch den Mittelpunkt der Ekliptik gibt am Himmel zwei Durchschnittspunkte (εε'), die wir Ekliptikpole, und jede Ebene durch diese oder längs der Achse der Ekliptik diejenigen Vertikalkreise, die wir Breitenkreise nennen.

Die Solstitialpunkte beschreiben bei der täglichen Rotation des Himmels 23½° nördlich und südlich vom Aequator die Wendekreise des Krebses und des Steinbockes, und die Ekliptik-Pole 23½° vom Nord- und Südpol entfernt die Polarkreise.

C. Kreissysteme und sphärische Coordinaten der Himmelskugel.

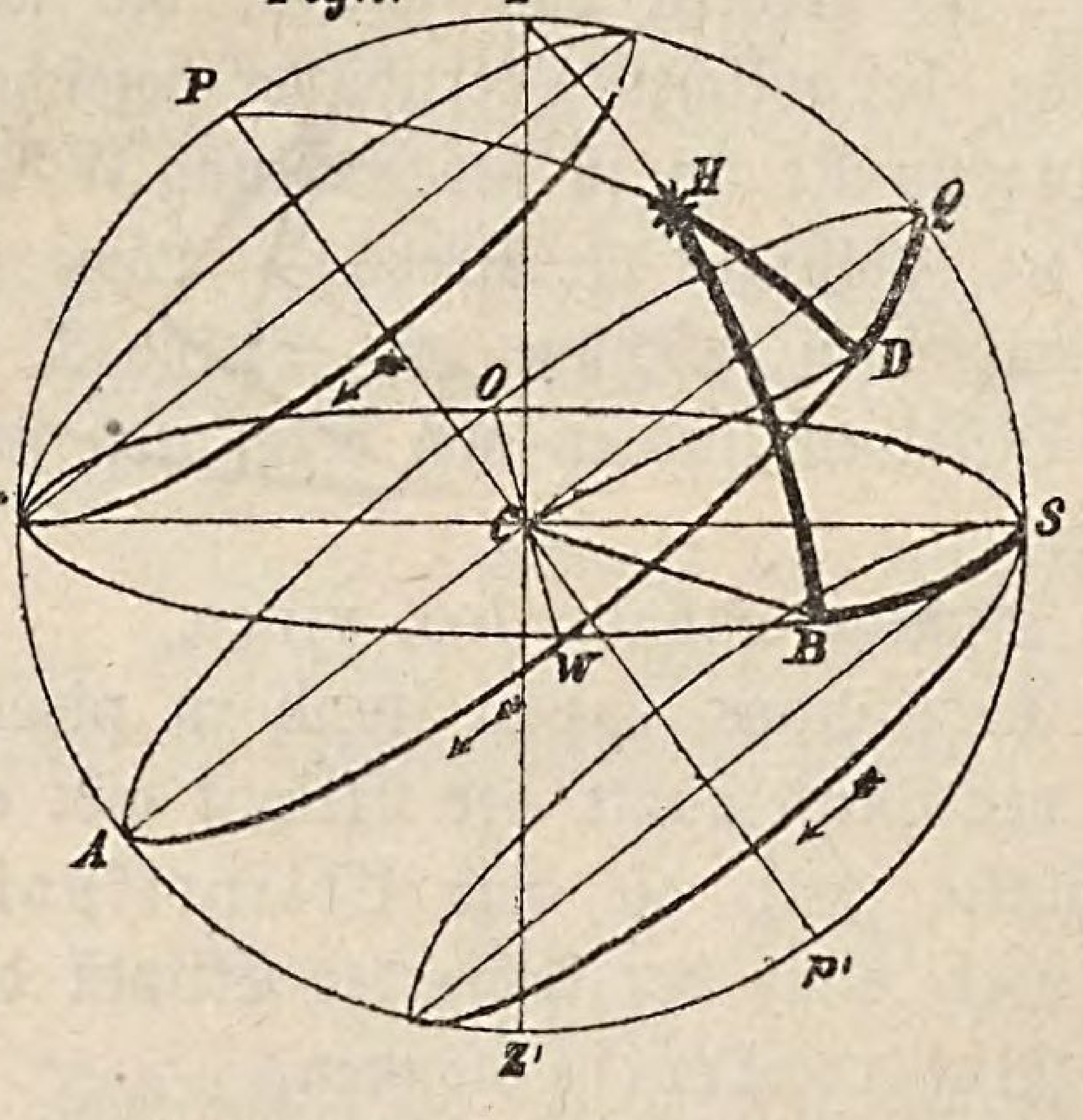
Die oben angeführten Beobachtungen in der Himmelskugel führten auf die Grundebenen, die zur Orientierung am Himmel und zur Bestimmung eines Ortes in demselben vorzugsweise dienen. Es sind dies der Horizont, der Aequator und die Ekliptik. Legt man durch die Achsen derselben, etwa von Grad zu Grad Vertikalkreise, und ebenso Kreise parallel zu dem jeweiligen Grundkreise, so gibt dies die nachbenannten Kreissysteme:

1. Kreissystem des Horizontes. Fig. 1.

Als erster Vertikal- oder Höhenkreis gilt für den Beobachter dessen Meridian (ZQZ'), der mit 0° bezeichnet wird. Um nun die

Lage eines Gestirnes (H) in Bezug auf diesen und den Horizont zu bestimmen, legen wir durch dasselbe den Vertikalkreis (ZHB). Die Neigung dieses Kreises zum Meridian (BCS = arc BS) nennen wir das Azimut oder den Richtungswinkel, dessen Bogen im Horizontalkreise entweder als westliches oder als östliches abzulesen ist. Der Vertikalbogen (HB) von dem Gestirn bis zum Horizont heißt dessen Höhe, und der Bogen (ZH) vom Zenith bis zu demselben die Zenithdistanz. Diese beiden Bögen ergänzen sich zu 90°. Von besonderer Wichtigkeit sind die Polhöhe, d. i. die Höhe des Weltpoles (Nord- oder Südpol) über dem Horizonte (< NCP = arc PN), und die Aequatorhöhe (< QCS = arc QS). Letztere gibt die Höhe des Aequatordurchschnittes mit dem Meridian oder den Neigungswinkel des Aequators mit dem Horizont. Die Polhöhe und Aequatorhöhe ergänzen sich zu 90°.

Fig. 1.



2. Kreissystem des Aequators. Fig. 1. und 2.

Als erster Deklinationskreis wird entweder der Meridian des Beobachters angenommen oder der Deklinationskreis durch den Frühlingspunkt (P ♈ P') der Kolur.[1]) Hat man außerdem noch den Deklinationskreis (PHD) durch das zu bestimmende Gestirn gelegt, so gibt die Neigung desselben gegen den Meridian den Stundenwinkel (<QCD = arc QD), der am Aequator in der Richtung gegen W abzulesen, und die Neigung des Deklinationskreises gegen jenen des Frühlingsäquinoktiums die Rektascension (<♈ CD = arc ♈D) oder gerade Aufsteigung, die in der Richtung W-S-O zu zählen ist. Der Bogen (HD) zwischen dem Gestirne und dem Aequator heißt die Deklination oder Abweichung und deren Verlängerung (HP) bis zum Nord- oder Südpol) die

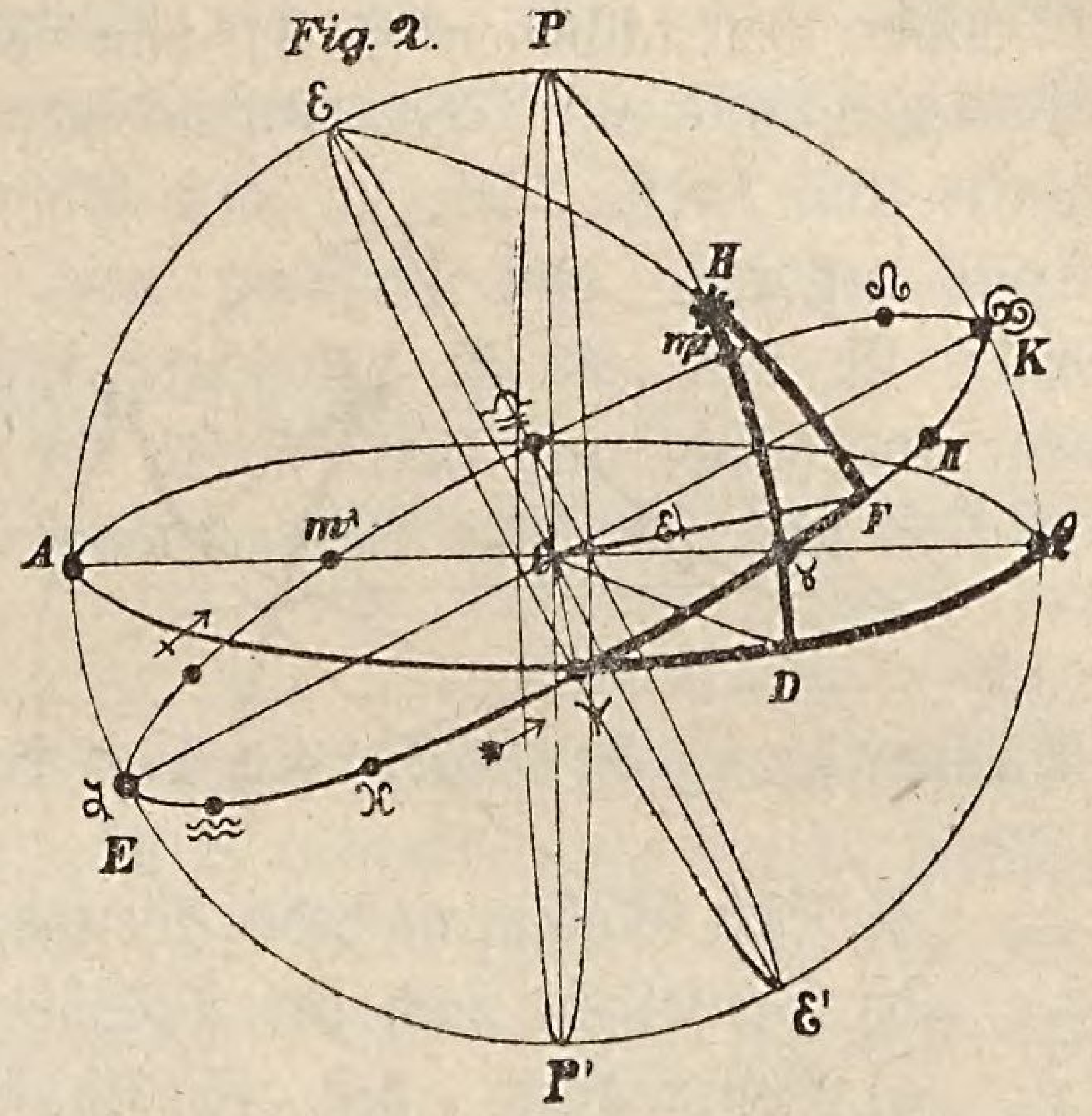
---

1) Wahrscheinlich von κόλουρος = stumpfschwänzig, weil derselbe in seiner früheren Lage auf dem Himmelsglobus die Schwänze der Bärenbilder abschnitt.

Poldistanz. Deklination und Poldistanz ergänzen sich zu 90°. Die Deklination ist entweder eine nördliche oder südliche, je nachdem das Gestirn in der nördlichen oder südlichen Hemisphäre liegt.

3. Kreissystem der Ekliptik. Fig. 2.

Als erster Längenkreis gilt der durch das Frühlingsäquinoktium gezogene (E ♈ E'). Wird ein solcher auch noch durch das Gestirn gelegt, so gibt dessen Neigung zum ersten Längenkreis die astronomische Länge des Gestirnes (< ♈ CF = arc ♈ F), welche in der Richtung W-S-O in der Ekliptik gezählt wird. Der Bogen (HF) vom Gestirne bis zur Ekliptik gibt die astronomische Breite.



Wir haben also zur Bestimmung des Ortes eines Gestirnes folgende Bestimmungsstücke oder sphärische Coordinaten:

1. Azimut und Höhe,
2. Stundenwinkel und Deklination,
3. Rektascension und Deklination,
4. astronomische Länge und Breite.

Wenn von einem Gestirne für irgend welchen Ort und für irgend eine Zeit zwei sphärische Coordinaten gegeben sind, so lassen sich die übrigen als Bestandteile der sphärischen Dreiecke HPZ und HEP berechnen. Dies gibt eine Reihe wichtiger Aufgaben der sphärischen Astronomie. In dem Dreiecke HPZ ist < P der Stundenwinkel = s, Z = 180° — α das Supplement des Azimut, PZ = 90° — φ das Complement der Polhöhe, PH = 90° — δ, das Complement der Deklination, ZH = 90° — h, das Complement der Höhe. Ebenso ist in dem Dreiecke HEP: < P = 90 + α, die um 90° erhöhte Rektascension, E = 90° — λ, das Complement der astronomischen Länge, EP = ε, PH = 90° — δ, EH = 90 — β, das Complement der astronomischen Breite.

Zur Veranschaulichung dient der Himmelsglobus, der sich in allen Fällen, in welchen es sich nicht um bestimmte Sterne

und Sternbilder handelt, durch den mit der Ekliptik versehenen Erdglobus ersetzen läßt. Der Globus bewegt sich in einem Gestelle, das oben mit einem festen Horizontalkreise abschließt, und zugleich im Innern eines messingenen Meridianringes um eine Gerade als Achse, die die Welt- oder Erdachse vorstellt. Auf ihrer Oberfläche sind nicht nur die Sternbilder, beziehungsweise die Bilder von Land und Meer, aufgetragen, sondern auch die wichtigsten Punkte und Kreise, die zu den Systemen des Aequators und der Ekliptik gehören. Zur Messung von Höhen außerhalb des Meridianes ist noch ein in beliebiger Richtung beweglicher Höhenquadrant angebracht und zum Zwecke der Orientierung und Aufstellung nach Ort und Zeit eine Magnetnadel und ein Stundenkreis (Rose).

Anwendung des Globus als Bild der Himmelskugel.

a) Den Globus nach der Weltgegend aufzustellen (orientieren).

b) Denselben nach der Polhöhe zu richten.

c) Bestimmung des Zenith eines Ortes von gegebener Polhöhe,

d) des Ortes der Sonne für einen gegebenen Tag und umgekehrt,

e) der Zeit des Auf- und Unterganges der Sonne für einen gegebenen Ort und Tag,

f) der Sonnenhöhe für einen gegebenen Ort und für eine gegebene Zeit,

g) der Morgen- und Abendweite der Sonne für einen gegebenen Ort und Tag,

h) der Rektascension und Deklination der Sonne, wenn deren Ort in der Ekliptik gegeben.

i) Bestimmung des Beginnes der Morgen- und des Endes der Abenddämmerung für einen gegebenen Ort und Tag. (Die äußersten Grenzen der Dämmerung fallen in die Augenblicke, in welchen die Sonne etwa 18° unter dem Horizonte sich befindet).

k) Bestimmung der Tag- und Nachtlänge für einen gegebenen Ort und Tag.

l) Für einen gegebenen Ort die sichtbare und unsichtbare Circumpolar-Region zu bestimmen,

m) den Globus für einen gegebenen Zeitpunkt so zu stellen, daß der Stand des gestirnten Himmels angezeigt ist,

n) die Sternbilder anzugeben, welche an einem gegebenen Ort und Tag nach Sonnenuntergang aufgehen.

o) Die Höhe und das Azimut,

p) die Rektascension und die Deklination,

q) die Länge und Breite,

r) die Weite zweier Fixsterne,

s) die Zeit des Auf- und Unterganges eines Fixsternes zu bestimmen.

D. Der Fixsternhimmel, Astrognosie. Fig. 3.

Zum Zwecke der Orientierung am Fixsternhimmel wenden wir uns an einem heitern Abende nach Sonnenuntergang am besten gegen Norden, wo das ganze Jahr über dieselben Sternbilder sichtbar sind, was in der Richtung gegen Süden nicht der Fall ist. Aus der großen Anzahl der allmählich aufleuchtenden Sterne werden wir ohne Mühe den große Bären (Gr. B.) erkennen, mit den vier Sternen, die ein Trapez (Wagen) bilden, von welchem sich eine von drei weiteren Sternen bezeichnete gebrochene Linie (Deichsel) abzweigt. Auf der entgegengesetzten Seite führt die Verlängerung des Abstandes der zwei äußersten Hauptsterne des Wagens zum Polarstern (p), dem Hauptsterne des dem großen Bären ähnlichen Sternbildes des kleinen Bären (Kl. B), $1^1/_2{}^\circ$ vom Weltpole entfernt, und zur Cassiopeia (C). Eine Gerade senkrecht zur oben genannten Linie durch den Polarstern gedacht führt einerseits zum Drachenkopf, anderseits zu den zwei Hauptsternen des Fuhrmannes (F). Hat man die genannten Sternbilder aufgefunden, so geben dieselben den Ausgangspunkt zum weiteren Studium des gestirnten Himmels, wobei man sich die genauere Kenntniß der Sternbilder durch Vergleichung derselben mit guten Sternkarten aneignet.[1]) Wir teilen den Fixsternhimmel für Gegenden von mittlerer geographischer Breite in die nachfolgenden drei Hauptregionen.

1. Die nördliche Circumpolarregion (für uns bis zu 48° Poldistanz) mit den Sternbildern, die für den Beobachtungsort nicht untergehen. Es sind in dieser Region zu beobachten: der große und kleine Bär, Cassiopeia, Drache (D), Cepheus (K), Giraffe

---

1) Z. B. Möllinger's große Himmelskarte mit beweglichem Horizonte. Diese Karte, mit durchpreßten transparenten Sternen, kann für jeden Tag des Jahres und für jeden Augenblick des Tages so gestellt werden, daß man ein sehr genaues Bild der sichtbaren Himmelssphäre erhält.

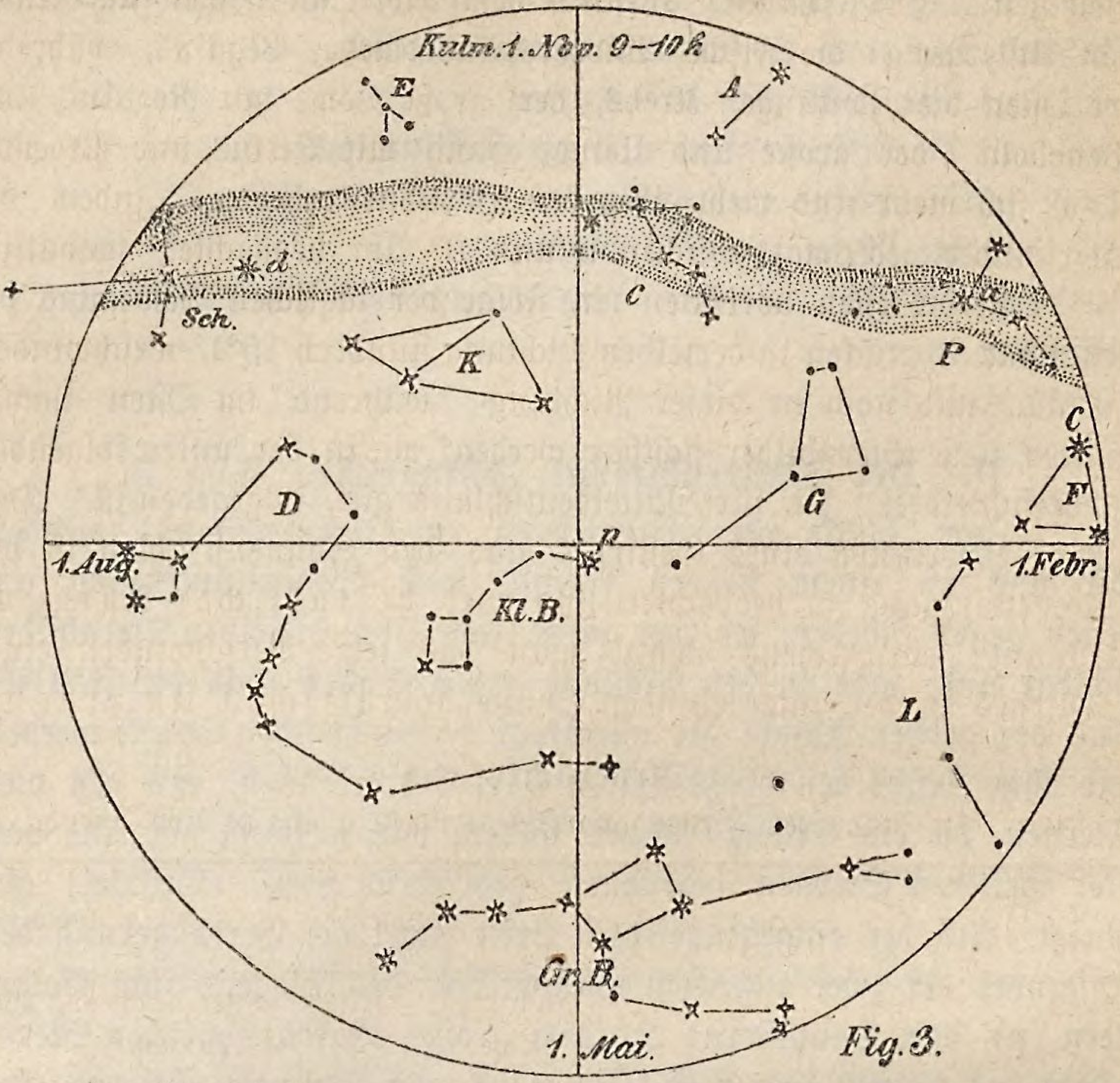


Fig. 3.

(G), Luchs (L). Teilweise liegen darin Perseus (P) mit Algenib (a), Fuhrmann (F) mit Capella (c), Andromeda (A), Schwan (Sch) mit Deneb (f) u. a.

2) Die Aequatorialregion, 42° nördlich und südlich vom Aequator, in welcher je nach Tages- und Jahreszeit immer verschiedene Sternbilder sichtbar sind. Bei der Orientierung in dieser Region beachte man vor allem, daß zu jeder Zeit wenigstens 6 Sternbilder des Tierkreises sichtbar sind, von welchen Stier mit den Sternhaufen der Hyaden und Plejaden, die Zwillinge mit Castor und Pollux, Löwe mit Regulus und Denobola, Jungfrau mit Spica, Wage, Skorpion und Schütze ziemlich leicht zu erkennen sind, und daß auch der Mond und die Planeten immer in der Nähe des Tierkreises sich befinden, so daß beinahe zu jeder Zeit die Lage der Ekliptik durch mindestens zwei bis vier hervorragende Punkte bezeichnet ist. In dieser Region des Himmels finden wir Mitte Januar Abends 9 bis 10 Uhr in Kulmination begriffen: Fuhrmann, Stier mit Aldebaran, Orion mit Rigel und

Beteigeuze, Hase, Taube. Westlich vom Meridian neigen sich gegen den Untergang: die Fische, Widder, Andromeda, Pegasus, während im Osten die Zwillinge, Krebs, der große Löwe mit Regulus und Denebola, der große und kleine Hund mit Sirius und Procyon u. a. sich mehr und mehr über den Horizont erheben. Indem die Sternbilder, jedesmal zwischen 9 und 10 Uhr beobachtet, monatlich 30° gegen Westen vorrücken (in Folge der täglichen Bewegung beträgt das Vorrücken in derselben Richtung stündlich 15°), verschwinden sie nach und nach in dieser Richtung, während im Osten immer wieder neue Sternbilder sichtbar werden, wie in der unten folgenden Uebersichtstafel, die für Mitteldeutschland gilt, angegeben ist. Das erste Hervortreten eines Gestirnes aus den Sonnenstrahlen ist vor Sonnenaufgang zu beobachten und wird heliakischer Aufgang genannt; entsprechend nennt man das letzte Verschwinden eines Gestirnes in der untergehenden Sonne heliakischen Untergang.

Uebersichtstafel

über den Stand des Fixsternhimmels zwischen 9 und 10 Uhr Abends.

Mitte des Monats	gehen auf	kulminieren	gehen unter
Januar	gr. Löwe, Berenice,	Fuhrmann, Stier, Hase,	Leier, Schwan, Wassermann,
Februar	Jungfrau, Bootes,	Zwillinge, gr. Hund,	Pegasus, Fische,
März	Krone, Schlange,	Krebs, Haupt der Hydra,	Andromeda, Widder, Walfisch,
April	Herkules, Ophiuchus, Wage,	kl. u. gr. Löwe,	Stier, Orion, gr. Hund,
Mai	Leier, Skorpion.	Berenice, Jungfrau, Rabe,	kl. Hund, Medusenhaupt,
Juni	Adler, Schütze,	Bootes, Wage,	Zwillinge, Haupt der Hydra,
Juli	Andromeda, Steinbock,	Herkules, Ophiuchus, Skorpion,	gr. Löwe, Rabe, Jungfrau,
August	Wassermann, Fische,	Leier, Schütze,	Wage, Skorpion,
September	Widder, Walfisch,	Schwan, Adler, Steinbock,	Bootes, Schlange,
Oktober	Stier, Eridanus,	Pegasus, Wassermann, südl. Fisch,	Krone, Ophiuchus, Schütze,
November	Zwillinge, Orion,	Andromeda, Walfisch,	Herkules, Adler, Steinbock,
Dezember	Krebs, gr. u. kl. Hund,	Medusenh. Widder,	Delphin, Wassermann.

3) Die südliche Circumpolarregion, deren Sternbilder für unsere geographische Lage immer unsichtbar bleiben. Die wichtigsten sind: Centaur, Kreuz, Altar, Triangel, Pfau, Schiff mit Canopus, Pendeluhr, südlicher Fisch u. s. f.

Die Namen der vorzüglichsten Sternbilder und Sterne sind teils indischen, teils arabischen Ursprunges, teils von Göttern und mythischen Personen der alten Griechen, und stammen also aus den ältesten Zeiten. Die Bezeichnungen der kleineren Sternbilder stammen aus der neueren Zeit und lauten entweder nach den Namen von Fürsten und Naturforschern oder auch nach den Namen mathematischer und physikalischer Instrumente.

Die Zahl der durch ein Fernrohr unterscheidbaren Fixsterne ist namentlich in den Regionen der Milchstrasse ebenso unermeßlich wie die Entfernung derselben von unserem Wohnplatze. Während das Licht der Sonne in 8 Minuten zur Erde gelangt, brauchte hiezu nach Herschels Schätzung mancher Fixstern 2000 Jahre und mehr. Die Anzahl der irgendwo unter den günstigsten Verhältnissen mit unbewaffneten Augen sichtbaren Fixsterne ist je nach der geographischen Lage des Beobachtungsortes verschieden. Man braucht nur zu bedenken, daß unter den Polen nur je eine Hälfte der Himmelskugel sichtbar ist, während gegen den Aequator hin nach und nach alle Regionen der Himmelskugel in die sichtbare Hemisphäre eintreten. Man teilt die mit unbewaffneten Augen sichtbaren Fixsterne je nach ihrer Helligkeit in 6 Klassen und die telescopischen Sterne in weitere 10 Klassen, so daß sich alle Sterne in 16 Klassen einreihen lassen. Nach Argelander sind von Berlin aus 4022 und von Alexandrien aus 4638 Fixsterne ohne Fernrohr sichtbar. Von ersteren sind 20 Sterne 1. Größe, und es zählen 65, 190, 425, 1100, 3200 zu den folgenden Klassen. Herschel schätzte auf Grund seiner berühmten Sterneichungen mit seinem Riesentelescope von 180maliger Vergrößerung die Anzahl der Sterne in der Milchstrasse auf 18 Millionen. Humboldt führt 21 neu erschienene und nach kurzer Zeit wieder verschwundene Sterne an, und 24 periodisch veränderliche Fixsterne.

Die Anzahl der bis jetzt mit Namen belegten Sternbilder ist 109, von denen etwa 50 schon in den ältesten Zeiten unterschieden wurden. Die einzelnen Sterne eines Bildes werden nach der Lichtstärke geordnet mit den griechischen Buchstaben bezeichnet.

Besondere Erscheinungen am Fixsternhimmel sind: Sterne mit eigentümlicher Färbung: rötlich sind Arktur, Aldebaran, Antares, weiß: Sirius, Wega, Regulus, Spica, gelblich: Procyon, Atair, Polaris u. s. f., außerdem kennt man bläuliche und grünliche Sterne. Doppel- und mehrfache Sterne, teils optisch teils physisch, etwa 6000 an der Zahl, Sternhaufen z. B. die Hyaden, Plejaden, die Krippe u. a. Nebelflecke bis 3600, Kohlensäcke d. i. dunkle sternenlose Regionen, Nebelsterne d. i. elliptische oder ringförmige Sterngruppen oder Dunstmassen, die sich wie es scheint, allmählich zu sichtbaren Kernen verdichten, und die Milchstraße. Diese durchzieht in einem 3 bis 5° breiten von angehäuften Sternhaufen zart schimmernden Gürtel die Himmelssphäre, in welcher sie den Aequator unter einem Winkel von 63° durchschneidet. Die linsenförmige Gestalt einer großen Anzahl von Sternhaufen führt zur Annahme, daß die Milchstraße ebenfalls eine ungeheuere Linse von angehäuften Fixsternen bilde, in deren Mitte das Sonnensystem mit der Erde sich befindet. Den schimmernden Gürtel erblicken wir in der Ebene des größten Durchschnittes der Linse.

E. Astronomische Meßinstrumente.

Die astronomischen Beobachtungen und Messungen lassen sich beinahe ausschließlich auf Orts- und Zeitbestimmungen zurückführen. Die Ortsbestimmungen werden seit den ältesten Zeiten durch Messung von Vertikal- und Horizontalwinkeln vermittelt.

Zu den hieher gehörigen Instrumenten ist an erster Stelle anzuführen der Gnomon oder Sonnenzeiger, das älteste und zugleich einfachste Instrument, das wir kennen. Er bestand ursprünglich in einer auf dem Horizont vertikal stehenden Säule oder Mauerwand, an welcher behufs Bestimmung der Sonnenhöhe die Länge des Schattens gemessen wurde. Um genauere Ablesungen zu ermöglichen, brachte man im Mittelalter und in späteren Jahrhunderten an die Spitze des Gnomons eine durchbohrte Metallplatte, welche in der Mitte des Schattens den durch die Oeffnung gehenden Sonnenstrahl und dessen Einfallsrichtung zu erkennen gibt.

Zu weniger genauen Messungen reicht ein beweglicher auf eine Horizontalebene über dem Mittelpunkte mehrerer concentrischer Kreise aufgestellter Kegel von etwa $^1/_2$m Höhe.

Geschichtliche Nachrichten über Errichtung und Benützung von Gnomonen haben wir von allen civilisierten Völkern des Altertumes. Der höchste Gnomon wurde im Jahre 1467 von Paul Toskanelli errichtet in der Kuppel der Kathedrale von Florenz, wo die mit der rundlichen, für den Durchgang der Sonnenstrahlen bestimmten Oeffnung versehene Platte 277′ über dem Fußboden der Kirche angebracht wurde.

Der Gnomon wurde bis in die Zeit der neueren Astronomie vorzugsweise zur Messung von Sonnenhöhen verwendet. Bezeichnet man die Höhe des Gnomons mit h, die Länge des Schattens mit l und den Höhenwinkel mit α, so ist immer

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{h}{l}.$$

Auch zur annähernden Bestimmung der Mittagslinie dient der Gnomon. Man beobachtet die Sonne im Augenblicke der Kulmination oder der größten Höhe, die an dem kürzesten Schatten des Gnomons erkannt wird.

Außer diesem Instrumente seien noch angeführt das schon von Ptolemäus beschriebene Triquetrum, ein aus drei Regeln oder Linealen bestehendes Instrument, das besonders in der Marine beliebte Astrolabium oder der astronomische Ring und die Armillarspäre, lauter Instrumente, welche mit geeigneten Dioptern versehen zur Beobachtung und Messung von Sonnen- und Sternhöhen dienten.

In der neueren Astronomie gebraucht man zu dem angegebenen Zwecke Quadranten, Sextanten und Oktanten mit Dioptern oder Fernrohren. Diese bestehen in einem mit Gradteilung versehenen bei Messungen gewöhnlich senkrecht aufzustellenden Kreisbogen (Limbus) beziehungsweise von 90, 60 und 45°, an welchem ein beweglicher Radius die Einstellung auf die Sonne oder auf einen Stern derart ermöglicht, daß an dem geteilten Kreise die Höhe abgelesen werden kann. Die Fernrohre erhalten zum Zwecke möglichst genauer Einstellung im Brennpunkte des Okulars ein Fadenkreuz.

Von den zu gleichen Zwecken bestimmten astronomischen In-

strumenten erweist sich gewissermaßen als ein Universalinstrument der Theodolit,[1]) mit welchem man zugleich Horizontal- und Vertikalwinkel mit großer Genauigkeit zu messen im Stande ist.

Die Einrichtung desselben ist etwa folgende:

Auf einem Gestelle mit drei Stellschrauben ist mittelst einer senkrechten Achse ein mit Gradteilung versehener Horizontalkreis befestigt, über welchem ein Kreis mit Nonien zur genauen Ablesung der Horizontalwinkel beweglich ist (Alhidade oder Zähler). Auf dem letzteren steht ein Träger mit Fernrohr, dessen horizontale Drehachse mit einem zweiten vertikalen Kreise so verbunden ist, daß er sich beim Einstellen des Fernrohres auf einen Gegenstand mit demselben bewegt, worauf dann mittelst eines feststehenden Nonius die Ablesung des Vertikalwinkels ermöglicht wird.

Was der Theodolit für den Horizont, das leistet das Aequatoreal-Instrument (Refraktor) für den Aequator. Die Hauptbestandteile desselben bilden ein zum Aequator parallel gestellter Kreis und ein hiezu senkrecht bewegliches Fernrohr, welches sich an einem zum Aequator vertikalen Kreise bewegt. An dem letzteren wird nach dem Einstellen des Fernrohres die Deklination des beobachteten Gestirnes unmittelbar abgelesen. Dieses Instrument ist gewöhnlich zu einer andauernden Beobachtung und Einstellung der Gestirne bestimmt und wird deshalb mit einem Uhrwerke versehen, so daß sich das einmal auf ein Gestirn gerichtete Fernrohr mit demselben von selbst fortbewegt. Einfachere im Aequator und senkrecht hiezu bewegliche Fernrohre nennt man parallaktische Fernrohre.

Außer den genannten Instrumenten benützt man in größeren Sternwarten und zwar ausschließlich zur Beobachtung von Meridiandurchgängen das sogenannte Passageinstrument, oder Mittagsrohr, welches zum Zweck der Bestimmung von Kulminationshöhen, Deklinationen und anderen Winkeln mit einem Meridiankreise verbunden ist.

Um Winkel von Standpunkten, die nicht unveränderlich fest sind, etwa von schwankenden Schiffen aus zu messen, bedient man sich des Spiegelsextanten. Mit diesem Instrumente wird von

1) Angeblich zusammengesetzt aus θεάομαι, ὁδός und λίθος = Instrument für Richtungs-Beobachtungen.

den beiden Beobachtungsobjekten das eine durch ein feststehendes Fernrohr oder ein Diaphragma direkt, von dem anderen das vermittelst eines an der Alhidade des Instrumentes angebrachten Spiegels reflektierte Bild für das Auge des Beobachters zur Coincidenz gebracht.

Die Bestimmung des Zeitpunktes einer Beobachtung und überhaupt die Orientierung in der Tageszeit wurde schon bei den ältesten Astronomen gewöhnlich durch Beobachtung des Standes der Sonne oder irgend eines bekannten Fixsternes bethätigt. Die Bewegung des Schattens eines dem Sonnenlichte ausgesetzten Gegenstandes führte zur Erfindung der Sonnenuhren. Man erhält eine solche, wenn man einen Stab, welcher parallel zur Erdachse gestellt ist, entweder auf einer horizontalen oder vertikalen Ebene befestigt, und die Kurve, die der Endpunkt des Stabes im Verlaufe eines Tages beschreibt, entsprechend in Stunden u. s. f. einteilt. Die aus uralter Zeit stammenden Sonnenuhren haben sich trotz der großen Verbreitung und Vervollkommnung der im 14. Jahrhunderte eingeführten Turmuhren und der um das Jahr 1500 von Peter Hele in Nürnberg erfundenen Taschenuhren bis in das laufende Jahrhundert herein erhalten. Die verschiedenen Formen der Räderuhren werden entweder durch die mittelst Pendel regulierte Fallkraft eines Gewichtes oder durch die Elastizität von spiralförmigen Stahlfedern in Bewegung gesetzt, daher die Unterscheidung von Pendel- und Federuhren.

Aufgaben, zu deren Lösung die oben bezeichneten Instrumente vorzugsweise benützt werden.

a) Die Bestimmung von Höhen.

Hiezu eignen sich vor allen die verschiedenen Höhenmeßinstrumente, deren Fernrohre oder Diopter gegen den zu bestimmenden Gegenstand eingestellt werden. Vorausgesetzt, daß an denselben die Horizontalrichtung auf 0° gerichtet ist, kann man die Höhenwinkel jedesmal direkt ablesen.

Bei der Beobachtung der Sonne wird entweder der untere oder obere Rand eingestellt und der scheinbare Halbmesser beziehungsweise addiert oder subtrahiert. Gleiches gilt für die Mondscheibe und bei Instrumenten mit bedeutender Vergrößerung auch für die Planeten. Zum Zwecke genauerer Messungen können nur Instru-

mente mit Vertikalkreis und Fernrohr benützt werden, ganz besonders der Theodolit. Bezüglich der mit den Höhenmeßinstrumenten erhaltenen Ablesungen erhalten wir nur die scheinbare Höhe eines Gestirnes. Diese ist aber durch die Wirkungen der Refraktion größer als die wahre Höhe und ist also um den von Temperatur und Luftdruck abhängigen Betrag derselben zu vermindern.

Diese beträgt annähernd:

33′ 0″	bei einer Höhe von	0°
9′ 50″	„ „ „ „	5°
5′ 8″	„ „ „ „	10°
3′ 33″	„ „ „ „	15°
1′ 40″	„ „ „ „	30°
0′ 58″	„ „ „ „	45°
33″	„ „ „ „	60°
16″	„ „ „ „	75°
0″	„ „ „ „	90°

Bei einer beobachteten Höhe von 20° sind also etwa 3′ abzuziehen, um die wahre Höhe zu bekommen.

b) Bestimmung der Mittagslinie oder des Durchschnittes des Meridians mit dem scheinbaren Horizonte.

Man beobachtet die Sonne oder einen Fixstern im Augenblicke der Kulmination oder der größten Höhe, die mit dem Gnomon an dem kürzesten Schatten erkannt wird. Die Richtung desselben gibt die Mittagslinie. Zur genaueren Bestimmung dieser Linie eignet sich der Theodolit, dessen Fernrohr entweder gegen das Gestirn in zwei korrespondierenden Höhen, also vor und nach der Kulmination eingestellt wird. Die mittlere Richtung der beiden Horizontalablesungen gibt dann die Richtung der Mittagslinie, die nunmehr entweder durch Signale bezeichnet oder durch feste Aufstellung des Fernrohres gesichert werden kann (Passageinstrument).

c) Bestimmung des Azimut einer gegebenen Richtung.

Bei der Lösung dieser Aufgabe wird entweder die Richtung der Mittagslinie als bekannt vorausgesetzt, oder die Bestimmung derselben damit verbunden. In beiden Fällen stellen wir das Fernrohr des Theodoliten zuerst in die Richtung des Meridianes und sodann in die

Richtung des zu bestimmenden Gegenstandes. Die Differenz der Ablesungen gibt das Gesuchte. Ist das Azimut eines Punktes A gegeben = a, so kann das Azimut von B = b bestimmt werden, wenn man das Fernrohr nach beiden Richtungen einstellt und die Ablesungen (a und b) subtrahiert, die eine von der anderen, und zur erhaltenen Differenz das Azimut von A addiert, wobei vorauszusetzen, daß, wenn man das westliche Azimut als positiv gelten läßt, das östliche als negativ anzunehmen ist. Es ist also

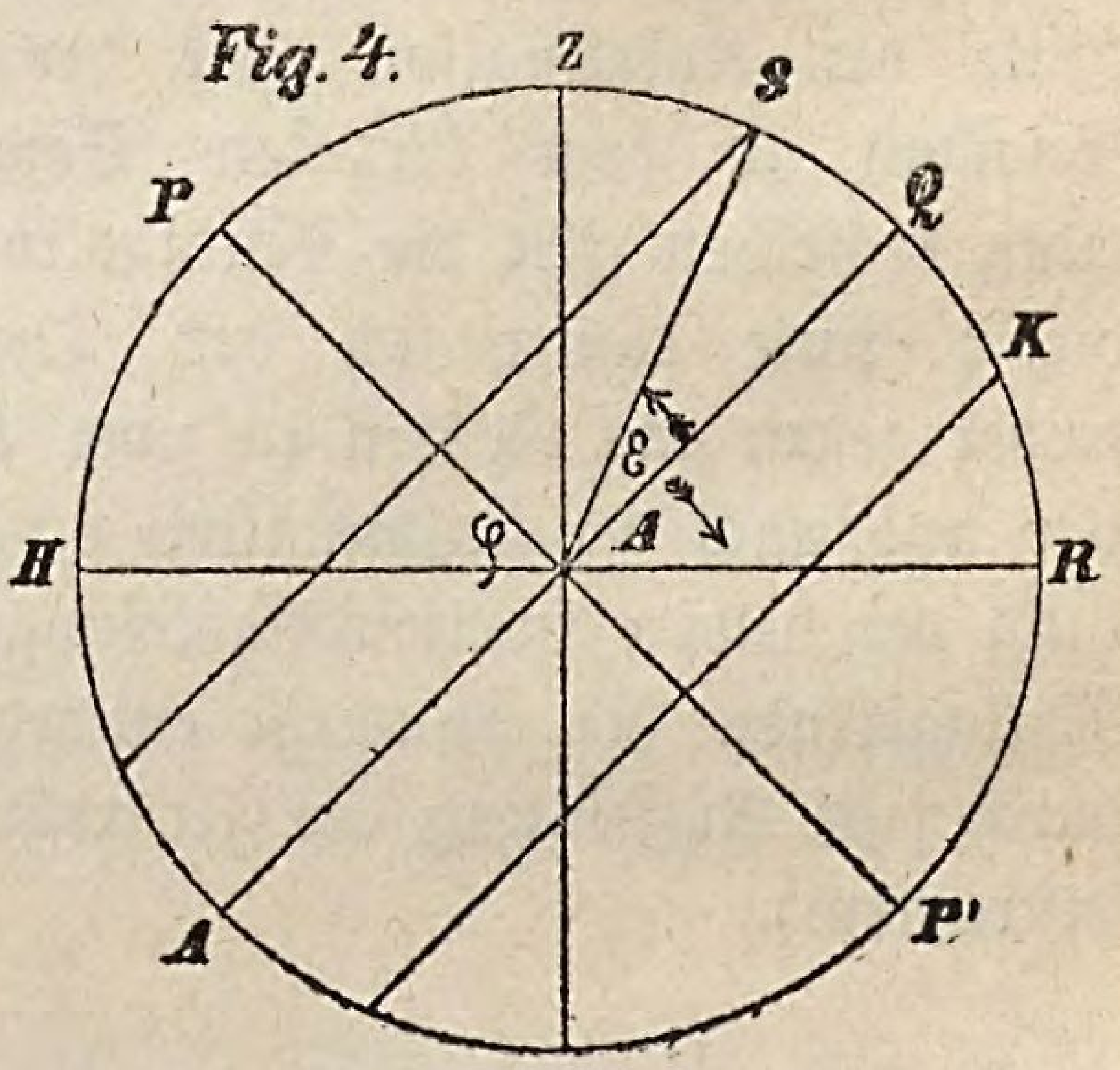
$$B = A \pm (b - a).$$

d) Bestimmung der scheinbaren Größe eines Gestirns, d. i. des Winkels, unter welchem man den Halbmesser desselben sieht.

Dies kann geschehen, entweder durch direkte Messung mit Hilfe eines Fernrohres, das im Brennpunkte des Oculars ein Netz von horizontalen und vertikalen Spinnfäden enthält, oder, was bei der Messung des Sonnen- oder Mondhalbmessers vorzuziehen, durch Beobachtung der Höhen H und h des oberen und unteren Randes derselben zur Zeit der Kulmination.

e) Bestimmung der Aequatorhöhe A und der Ekliptikschiefe ε.

Fig. 4.



Die erstere läßt sich, wie später gezeigt wird, mit der Polhöhe (φ) bestimmen, da $A = 90^\circ - \varphi$.

Es ist nämlich Fig. 4. arc HP + arc PZ = arc PZ + arc QZ = 90°, woraus folgt arc HP = arc QZ, und arc HP + arc AZ = $\varphi + A = 90^\circ$.

Abgesehen davon lassen sich beide Winkel aus den Kulminationshöhen H und h der Sonne an den Tagen des Sommer- und Wintersolstitiums berechnen; dann ist immer

$$A = \tfrac{1}{2}(H + h),$$
$$\varepsilon = \tfrac{1}{2}(H - h),$$

Es ist nämlich arc RS = H = A + ε
arc RK = h = A — ε,
woraus obige Gleichungen folgen.

f) **Bestimmung der Deklination** d **der Sonne oder eines Sternes**, wenn die Aequatorhöhe A gegeben ist.

Man beobachtet die Höhe h bei der Kulmination des Gestirnes (bei Circumpolarsternen die obere Kulmination), dann ist immer

$$d = h - A.$$

Ist $A > h$, so ist offenbar d negativ und die Deklination ist eine südliche. Mit Anwendung des Aequatoreals kann die Deklination des Gestirnes in jeder beliebigen Stellung direkt abgelesen werden.

Beobachtet man einen Circumpolarstern bei der untern Kulmination, so ist

$$d = (A + h).$$

g) **Bestimmung des Frühlingspunktes**, vorausgesetzt, daß die Aequatorhöhe A bekannt ist.

Man beobachtet die Kulminationshöhen der Sonne an den zwei Mittagen, zwischen welchen das Frühlingsäquinoktium eintritt.

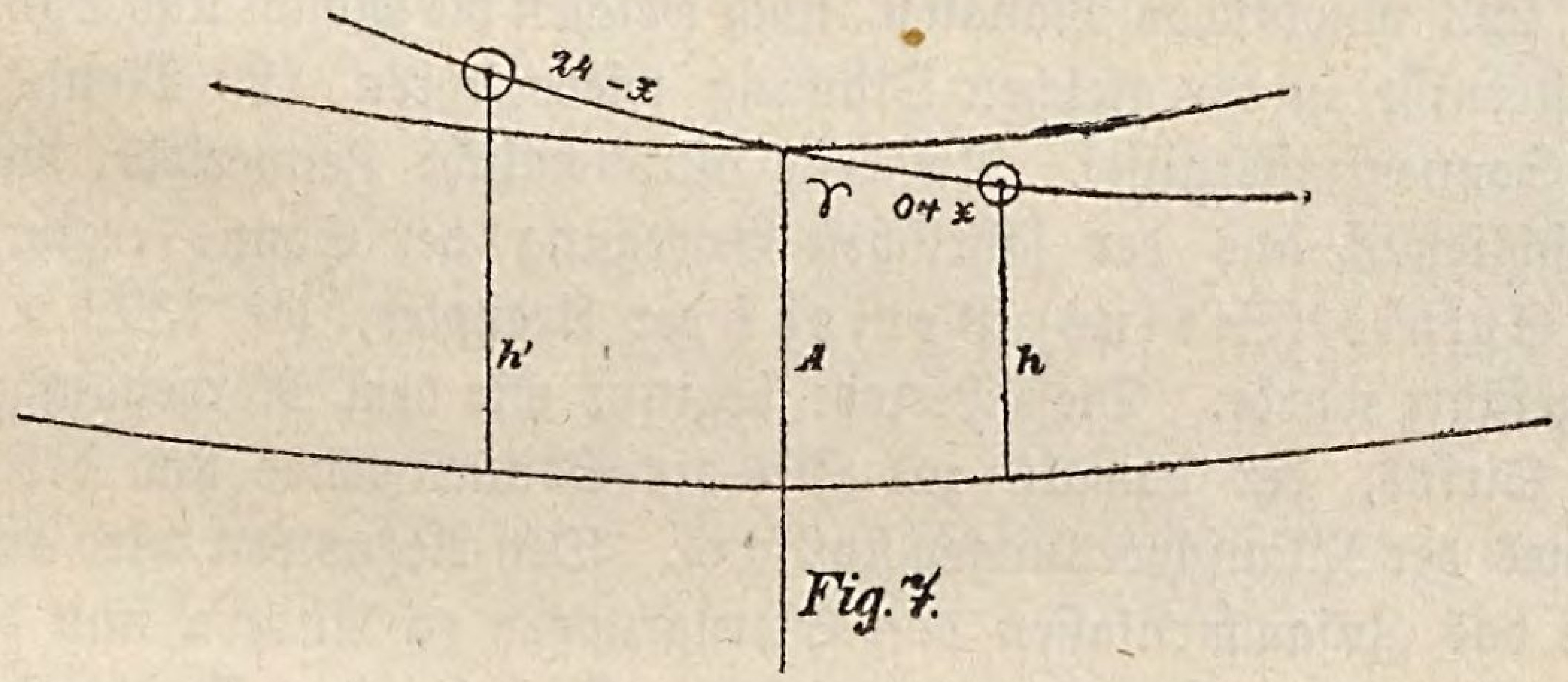


Fig. 7.

Sind diese Höhen etwa h und h', so stehen die Differenzen (A — h) und (h' — A) in demselben Verhältnisse wie die Zeitdifferenzen (o + x) und (24 — x), so daß sich die Zeit x der Kulmination des Frühlingspunktes, sowie auch der Ort desselben am Himmel berechnen läßt. Fig. 7.

F. Geschichtliches über die Entwicklung der Astronomie als Wissenschaft.

Die ersten Anfänge der Bildung geographischer und astronomischer Vorstellungen fallen in die Kindheit der Kulturvölker, und wir haben sie daher zunächst bei den ältesten Völkern in Asien und in Aegypten zu suchen. Dort begegnen wir zuerst einer geordneten Zeiteinteilung und Jahresrechnung, deren Elemente aus der Beobachtung von regelmäßig wiederkehrenden Himmelserscheinungen, namentlich der Bewegung der Sonne und des Mondes geschöpft worden sind. Bei dem Mangel jeder wissenschaftlichen Grundlage führte die Beobachtung der Gestirne des Himmels zu dem Aberglauben, daß die Geschicke einzelner Menschen und ganzer Völker mit den jeweiligen Constellationen der Himmelskörper in Beziehung stünden, und daß man dieselben durch Beobachtung außerordentlicher Erscheinungen im voraus bestimmen könne. (Astrologie oder Sterndeuterei.)

Die ältesten geschichtlichen Nachrichten über astronomische Beobachtungen sind etwa folgende: Der chinesische Kaiser Tscheu-Kong (um 1100 v. Ch.) bestimmte die Schattenlängen eines Gnomons zur Zeit des Sommer- und Wintersolstitiums. Die Chaldäer fanden durch lange fortgesetzte Beobachtungen die Saros-Periode von 223 synodischen Monaten, nach welchen die Mond- und Sonnen-Finsternisse in der gleichen Ordnung wiederkehren (29 Mond- und 41 Sonnenfinsternisse). Die erste astronomische Zeitperiode, die sich ausschließlich aus der jährlichen Bewegung der Sonne ergibt, ist die Sothis-(Sirius) Periode der Aegypter, die 1322 v. Ch. eingeführt wurde. Diese Periode beginnt mit dem Morgenaufgange des Sirius, der damals zur Zeit der Sonnenwende und des Beginnes der Nilanschwellungen stattfand. Den Aegyptern wird außerdem das Zusammenfassen von Sterngruppen zu Bildern und deren Aufzeichnung zu Karten zugeschrieben. Auch bei den Ureinwohnern von Amerika fand man Spuren von astronomischen Beobachtungen. So benützten z. B. die Peruaner und Mexikaner Gnomone zur Bestimmung von Sonnenhöhen.

Was die astronomischen Vorstellungen der ältesten Griechen betrifft, so finden wir dieselben in den Gesängen der Dichter Homer,

Hesiod und Äschylus. Diese Dichter stellten die Erde dar als eine kreisrunde von dem Ocean umflossene Scheibe, über welcher das feste Gewölbe des Himmels, das durch die Säulen des Atlas getragen wird, sich ausdehnt. Innerhalb dieses Gewölbes bewegen sich die Gestirne, und Helios führt im Osten auftauchend mit seinem Viergespanne die Sonne über die Erdfläche hin, um dann im Westen wieder in den Ocean hinabzusinken. Unter der Erde wölbt sich der Tartarus in derselben Tiefe, wie über der Erde der Himmel. Von den Gestirnen und Sterngruppen werden in den Dichtungen genannt: Die Bären oder die Himmelswagen, der Bärenhüter mit Arctur, der Hund (Sirius) des Orion, die Plejaden, Hyaden und die Zwillinge (Castor und Pollux).

Jahrhunderte erhielt sich der von den Dichtern ausgesprochene mythische Volksglaube der Hellenen ziemlich unverändert, bis in dem Zeitalter der jonischen Philosophen die ersten Keime einer wissenschaftlichen Astronomie sich zu entwickeln begannen. Die ersten dieser Schule, Thales (geb. 640 v. Ch.), Anaximander und Anaximenes nahmen eine Umdrehung der Himmelskugel in der Richtung von Ost gegen West nahezu parallel zur Erdscheibe an, wobei der höhere Norden die untergehenden Gestirne zeitweise verdecke. Anaximenes betrachtete die Gestirne als von der Luft getragene Scheiben, die zu Göttern geworden seien und Anaximander führte zuerst den Gnomon ein, um ihn als Sonnenuhr zu benützen. Nach diesem verpflanzte Xenophanes in der 2. Hälfte des 6. Jahrhunderts die jonische Naturphilosophie nach Unteritalien. Dieser lehrte die Unendlichkeit des Weltraumes, in welchem die Erde aus unergründlichen Wurzeln sich ausdehnte. Ihm folgt der Eleate Parmenides (520), der ein Weltsystem von in einander gelagerten Kugeln entwickelte, deren Mitte die Erde als ein fester Kern einnahm. Von einer Reihe späterer Philosophen kann angeführt werden, daß sie zuerst unterschieden zwischen wandelnden und festen Sternen.

Von sehr großem Einflusse auf die Erweiterung astronomischer Kenntnisse waren die Lehren des Pythagoras (um 500), des Gründers der nach ihm benannten Schule in Italien. Während derselbe an der Anschauung der jonischen Physiker, nach welcher die Erde als Scheibe sich im kugelförmigen Weltalle bewegt, festhielt, führten ihn seine Untersuchungen über die Weltordnung,

die er zuerst mit Kosmos bezeichnete, zur Lehre der Sphärenmusik. Er setzte die Abstände der Planeten den Intervallen der Töne, welche die 7saitige Lyra gibt, proportional, und behauptete, daß bei dem Umschwunge um den Weltmittelpunkt jede Planetensphäre einen Ton erzeuge. Außerdem wird dem Pythagoras zugeschrieben die Entdeckung, daß der Morgen- und Abendstern derselbe Planet sei, dann die genauere Bestimmung der Neigung der Sonnenbahn zur Richtung der täglichen Rotation (Ekliptikschiefe) und die Einteilung der Erdoberfläche in 5 klimatische Zonen. Auch die Schüler des Pythagoras betrachteten die Erforschung der Himmelserscheinungen als eine Hauptaufgabe der Philosophie. Sie lehrten nach und nach immer bestimmter die Kugelgestalt der Erde, erfanden, um die heilige „Decas" vollzumachen, das Centralfeuer, um welches zunächst die Gegenerde, dann die Erde, der Mond, die Sonne, dann die 5 Planeten und zu äußerst der Fixsternhimmel in der Richtung von W gegen O sich bewegt.

Einen neuen Aufschwung nahmen die astronomischen Forschungen in den Schulen des Sokrates und Plato. Der letztere stellt die Erde unbewegt in die Mitte des Weltraumes und läßt um sie zunächst den Mond und die Sonne, dann die 5 Planetensphären, und zwar die der Venus voran, in dem Tierkreise sich bewegen. Diese Himmelskörper umkreisen mit verschiedener Geschwindigkeit von W gegen O die Erde, während der Fixsternhimmel von O nach W sich bewegt. Plato bestimmte auch noch die 25000jährige Dauer eines großen Weltjahres, nach welchem die sämtlichen 8 Himmelssphären in derselben Weise wieder kulminieren wie zur Zeit der Entstehung.

Den Anhängern und Schülern des Plato und Sokrates im Gegensatze zu den früheren Physikern, Mathematiker genannt (im 4. Jahrh.), verdanken wir die ersten Beweise für die Kugelgestalt der Erde und die Herstellung astronomischer Liniennetze mit Aequator, Ekliptik, Polarkreis, Wendekreis, den Koluren der Nachtgleichen und Sonnenwenden u. s. f. Die von den Mathematikern gewonnenen Erkenntnisse wurden von Aristoteles (um 300) gesammelt, geordnet und vervollständigt. Insbesondere gestaltete derselbe das platonische Sphärensystem zu dem künstlichen Weltenbau, in welchem 56 Kugelschalen teils recht- teils rückläufig um die unbewegliche Erde in der Mitte sich bewegen. Außerdem brachte er

einen neuen Beweis für die Kugelgestalt der Erde, indem er behauptete, daß zwischen den Schwerkräften der gleichartigen unter sich verschiebbaren Massenteilchen der Erdoberfläche nur dann Gleichgewicht bestehen könne, wenn dieselben an der Oberfläche einer Kugel liegen. Von den Aristotelikern sind hervorzuheben Pytheas, der zuerst die Lage des Weltpoles bestimmte und Sonnenhöhen aus dem Verhältnisse zwischen der Höhe und Schattenlänge des Gnomons berechnete. Dicäarch wies die Kugelgestalt der Erde nach aus der inzwischen erkannten Verschiedenheit des Auf- und Unterganges der Gestirne für östlicher und westlicher liegende Orte.

Mittlerweile hatte die hellenische Wissenschaft auch auswärtige Pflanzstätten gefunden, namentlich in Aegypten, wo in der weltberühmten alexandrinischen Schule nicht nur durch Vermittlung des Verkehres zwischen dem Orient und Occident die geographischen, sondern auch durch genauere Beobachtungen unter Anwendung von entsprechenden Instrumenten zuverlässigere astronomische Erkenntnisse gewonnen wurden. Von den Alexandrinern sind hervorzuheben Timocharis (um 283 v. Chr.), der die Position der Spica und damit auch die Lage der Nachtgleichen bestimmte, Euklides, der Vater der wissenschaftlichen Mathematik, Eudemus, der eine geschätzte Geschichte der Astronomie schrieb, und die Neigung der Ekliptik auf $^{1}/_{15}$ Umfang der Erde bestimmte, und Aristarch von Samos (um 275), der den scheinbaren Sonnen-Durchmesser maß, und zuerst die Achsendrehung der Erde und deren jährliche Bewegung um die Sonne lehrte, ohne im Stande zu sein, seine Behauptungen zu beweisen. Derselbe machte auch aufmerksam, daß in dem Augenblicke, in welchem von der Erde aus der Mond zur Hälfte beleuchtet erscheine, der Winkel an dem Mondmittelpunkte ein rechter sein müsse. Einen Glanzpunkt dieser Periode bilden die Zeitgenossen Archimedes (gest. 212) und Eratosthenes (gest. 194). Archimedes suchte die Entfernung und Größe der Himmelskörper zu bestimmen, bewies die Kugelgestalt der Erde aus hydrostatischen Gesetzen, und stellte die aristotelische Himmelskugel dar, das erste Planetarium, welchem in kurzer Zeit mehrere Nachbildungen folgten. Eratosthenes, der Begründer der wissenschaftlichen Geographie, construierte die erste Armillarsphäre, die bis Tycho (1601) zur Messung der Planetenbewegungen benützt wurde. Derselbe bestimmte die Ekliptikschiefe auf $^{11}/_{83}$ und den Breiteunterschied

zwischen Alexandrien und Syene auf $1/_{50}$ des Erdumfanges. Außerdem verdankt man ihm verbesserte Darstellungen der Erdoberfläche durch Erweiterung des rechtwinkligen Netzes der Parallelkreise und Meridiane. Weitere Verbesserungen in den Kartendarstellungen und Ortsbestimmungen brachte der Astronom Hipparch, (150 v. Ch.), was derselbe durch astronomische Beobachtungen vermittelte. Dieser erkannte auch das Zurückweichen der Aequinoktien und beobachtete die 7 Hauptsterne der Plejaden. Strabo aus Amasea betrieb zur Zeit der Geburt Christi die Astronomie nur zum Zwecke der Förderung seiner geographischen Forschungen. Er soll zuerst zur Beobachtung der Gestirne Rohre und Diopter benützt haben. Ihren Abschluß fand aber die so glänzende Periode der ägyptischen Astronomie mit Ptolemäus (um 150 n. Chr.), welcher die Sternverzeichnisse verbesserte und erweiterte, den verwickelten Lauf der Planeten beobachtete und in seinem Almagest (große Weltordnung) das nach ihm bekannte ptolemäische Weltsystem aufstellte. Nach diesem kreisen um die in der Mitte des Weltalls befindliche Erde in konzentrischen Krystallsphären zuerst der Mond, dann mit Rücksicht auf ihre scheinbare Geschwindigkeit Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter, Saturn und die Fixsterne. Außerdem dienen zwei weitere Sphären zum Nachweis der Präcession und eine 11. (primum mobile) zur Erklärung der täglichen Umwälzung des Himmels. Gegen dieses System sprachen jedoch die Thatsachen:

a) daß Merkur und Venus nie in Opposition kommen,

b) daß die Planeten veränderliche Durchmesser oder Entfernungen haben,

c) die hie und da beobachtete rückläufige Bewegung der Planeten.

Diese widersprechenden Erscheinungen oder Ungleichheiten suchten spätere Astronomen durch die Modifikationen des ägyptischen Systemes klar zu stellen. Dasselbe nimmt wieder die Erde in die Mitte, und läßt um sie kreisen zuerst den Mond, dann die Sonne mit Merkur und Venus als Trabanten, und nach diesen die übrigen damals bekannten Planeten. Dieses System beseitigte zunächst nur die erste der oben angegebenen Ungleichheiten. Die zweite wurde beseitigt durch Annahme von exzentrischen Kreisen und die dritte durch Annahme von Epycyklen.

Nach der Auflösung der alexandrinischen Schule in Folge

der Eroberung von Alexandrien von Seite der Araber (641) wurden die Lehren der Astronomie, soweit sie durch Ptolemäus erweitert und nach demselben noch verbessert worden waren, Eigentum der sogenannten Scholastik, welche an dem überkommenen Wissen in Physik und Astronomie einseitig festhielt und dabei jede freie und strebsame Geistesthätigkeit behufs weiterer Forschungen beharrlich unterdrückte. Diese unfruchtbare Schulweisheit verhinderte gegen 1500 Jahre hindurch jeden Fortschritt nicht allein in den abstrakten Wissenschaften, sondern auch in der Astronomie. Es gilt dies für alle Kulturvölker der damaligen Zeit.

Mit dem Untergange des byzantinischen Reiches (1453) trat eine neue Glanzperiode der Astronomie ein, indem Joh. Müller (Regiomontanus) und namentlich Nik. Kopernikus aus Thorn (1472 — 1543) durch das Studium der griechischen Astronomen mächtig angetrieben anfingen durch eingehendere Forschungen und Beobachtungen das zur damaligen Zeit für unumstößlich gehaltene System des Ptolemäus zu prüfen. Nachdem der letztere die der kirchlichen Zeitrechnung anhaftenden Mängel erkannt, in dem Laufe der Sonne und der Planeten eine Menge von Widersprüchen zwischen der Wirklichkeit und den Folgerungen des alten Systemes nachgewiesen hatte, faßte er den für die damalige Zeit kühnen Gedanken, die Ordnung des alten Weltsystemes als Wahn zu erklären, der Erde den Ehrenplatz im Centrum des Weltalls streitig zu machen und derselben eine bescheidenere Stellung in der Schöpfung anzuweisen. Er fand es für viel wahrscheinlicher, daß die Erde um eine Achse sich drehe, als daß eine unermeßliche Anzahl von Sternen zugleich mit Sonne und Mond täglich einen Kreis um die Erde beschreiben sollte. Nachdem er einmal Gründe gefunden hatte, der Erde diese Bewegung um die Achse zuschreiben zu können, hinderte ihn nichts mehr, derselben auch noch eine zweite Bewegung zu geben, jene Bewegung, bei welcher sie jährlich einen Kreis um die Sonne beschriebe. Diese Entdeckung veröffentlichte er in dem Werke „de revolutionibus orbium cœlestium“. In demselben erklärte er auch den Wechsel der Jahreszeiten durch Annahme einer schiefen Stellung der Erdachse und den Lauf der 5 Planeten, denen er wie der Erde eine Bewegung um die Sonne zuschrieb, und von welchen er Merkur und Venus als innere (von der Erdbahn eingeschlossene) von den äußeren, Mars, Jupiter und Saturn unterschied. Da-

mit war die unerschütterliche Grundlage gelegt, auf welcher die Nachfolger des Kopernikus die gewonnenen Anschauungen erweiterten und vervollkommneten. Nur ein namhafter Astronome und hervorragender Beobachter Tycho de Brahe (1546—1601) unternahm es, namentlich mit Rücksicht auf den Wortlaut der hl. Schrift, Zweifel gegen die Richtigkeit des kopernikanischen Systemes geltend zu machen, und versuchte zugleich das neuere System mit dem alten in Einklang zu bringen. Nach Tycho sollten wie bei Kopernikus sämtliche Planeten um die Sonne sich bewegen, diese aber wieder mit dem ganzen Gefolge der Planeten um die Erde in der Mitte des Weltalls. Außer dieser Lehre, die in der Folge keinen Anhänger gefunden hat, verdankt ihm die Wissenschaft eine bewunderungswürdige Arbeit über die Position der Fixsterne, die rudolphinischen Tafeln, und die Beobachtung eines neuen Sternes in der Kassiopeia.

Teilweise noch gleichzeitig mit Tycho brachten Kepler (1571—1630) und Galilei (1564—1643) die durch Kopernikus eingeleitete Glanzperiode der Astronomie zum Abschluß, der erstere durch seine erfolgreichen scharfen Beobachtungen und glücklichen mathematischen Forschungen, welche die Entdeckung der berühmten 3 Kepler'schen Gesetze zur Folge hatten, in denen nachgewiesen wird, daß die Planetenbahnen nicht Kreise oder Epicyklen sondern Ellipsen seien. Abgesehen davon vertiefte sich Kepler in naturphilosophische Phantasien, indem er in dem „mysterium cosmographicum“ das Planetensystem nach der Norm der 5 regulären Körper, welche zwischen die Planetensphären gelegt werden können, aufzubauen suchte. Galilei verdanken wir die Fertigung des ersten nach ihm benannten Fernrohres (Taschenperspektiv), das kurz vorher in Holland von dem Brillenmacher Jansen erfunden worden sein soll (um 1608), und die Anwendung desselben in der Astronomie, indem er die Berge, Thäler und die Libration des Mondes, dann die Phasen der Venus und die Sonnenflecken beobachtete und die 4 Jupitersmonde und die Dreigestaltung des Saturnus erkannte. Derselbe ist außerdem der Begründer der Dynamik, die er aus drei Fundamentalgesetzen, der Trägheit der Materie, der Zusammensetzung der Kräfte durch das Kräfteparallelogramm und der gleichförmig beschleunigten Bewegung entwickelte.

Nachdem es Kepler und Galilei gelungen war, in Beziehung

auf die Planetenbewegungen zu bestimmen, wie die Bewegungen erfolgten, eröffnete sich die weitere Frage, welches die Ursache der Bewegungen sei und wie sich aus denselben die Gesetze der Bewegung ableiten ließen. Es gelang dieses Newton (1643—1727) durch die Entdeckung des Gravitationsgesetzes, das er in dem unsterblichen Werke „Philosophiæ naturalis principia mathematica“ der Nachwelt überliefert hat. Damit vollendete dieser einen kunstvollen wissenschaftlichen Bau, an dessen letzter Entwicklung und Ausschmückung eine große Anzahl späterer Astronomen bis zum heutigen Tage thätig ist, sei es durch weitere Durchforschung der Himmelsräume, oder durch Verbesserung und Vereinfachung der astronomischen Instrumente und Beobachtungsmethoden, oder durch die Ausbildung der mathematischen Zeichensprache.

In Bezug auf Verbesserung der astronomischen Instrumente zeichneten sich seit Newton in den letzten Jahrhunderten unter anderen aus: Huygens († 1695) durch Verbesserung der Fernrohre und die Entdeckung der Saturnustrabanten, Dollond († 1761) durch Einführung der achromatischen Fernrohre, Ramsden durch genauere Kreisteilung, Harrison († 1776) durch Einführung der Chronometer und Graham († 1751) durch Verbesserung der Pendeluhren. In der neuesten Zeit sind hervorzuheben Herschel (1738—1822), der mit seinem 6500mal vergrößernden Spiegeltelescope 1781 den Uranus entdeckte, Fraunhofer (1787—1826) und Reichenbach in München, die sich beide durch Verbesserung der optischen und mechanischen Einrichtung der astronomischen Instrumente einen Weltruf begründeten.

Als Durchforscher der Himmelsräume: Cassini, († 1756), der in der Beobachtung der physischen Oberfläche der Sonne den dunklen Kern erkannte, und an dem Saturnus die Teilung des Ringes. Halley († 1724) als Beobachter der Eigenbewegung einiger Fixsterne, aus welcher Bradley († 1762) eine Bewegung des Sonnensystems um einen Punkt im Sternbilde des Herkules ableitete. Dem letzteren verdankt man die Beobachtung von Doppel- und Nebelsternen und den sinnlichen Beweis für die Richtigkeit des kopernikanischen Systemes durch Entdeckung der Aberration des Lichtes und der Nutation der Erdachse. Struve († 1865) und Bessel (1784—1846) leisteten in Beobachtung der Fixsterne Unerreichbares. Der Letztere bestimmte Fixsternparallaxen bis zu 1″

und vervollständigte den Sternkatalog bis zur Zahl 12146. Enke († 1865) bestimmte zuerst die Sonnenparallaxe auf 8,57″ und berechnete den nach ihm benannten Kometen und einige Planetoiden. Galle und Leverrier entdeckten gleichzeitig (1846) den Planeten Neptun nach vorhergegangener Berechnung desselben.

Durch Ausbildung der mathematischen Zeichensprache: Clairaut († 1765), D'Alembert († 1783), Euler († 1783) Begründer der analytischen Methode in der Mechanik, der höheren Analysis, der Differential- und Integralrechnung, dann Lagrange, Bernoulli, Taylor, Maclaurin und ganz besonders Laplace (1749—1827) in Frankreich, und Gauß (1777—1855) in Deutschland, ersterer der Verfasser des Werkes „mécanique céleste“ und letzterer der „Theorie der Bewegung der himmlischen Körper“.

II. Abschnitt.

Die Erde, ihre Gestalt, Größe und Rotation.

G. Nachweis für die Kugelgestalt der Erde und Bestimmung ihrer Größenverhältnisse.

Die Erde schwebt frei im Weltraume und hat eine kugelähnliche Gestalt. Sie schwebt frei im Weltraume, weil es keine Stelle des Himmels gibt, die nicht von entsprechenden Orten der Erde aus frei sichtbar wäre.

Die Beweise für die Kugelgestalt der Erde waren größtenteils schon Jahrhunderte vor unserer Zeitrechnung bekannt geworden und lassen sich in drei Gruppen abteilen, und zwar in solche, welche die Krümmung der Erdoberfläche nach allen Himmelsrichtungen, dann in solche, welche die Krümmung in der Richtung von Osten nach Westen, und endlich in solche, welche die Krümmung von Norden nach Süden nachweisen. Dieselben sind etwa folgende:

1. Der Horizont ist aus allen freien Höhen betrachtet ein Kreis, dessen Umfang um so größer ist, je größer die Höhe über dem Erdboden. Damit steht die eigentümliche Art des Auftauchens und Verschwindens entfernter Gegenstände auf Ebenen des Festlandes und des Meeres in Verbindung. Als Maß der Erweiterung des Horizontes dient der Depressionswinkel (Kimmtiefe) d. h. der Winkel, den jede vom Beobachtungs-

punkte zur Erdoberfläche gezogene Tangente mit dem wahren Horizont bildet.

2. Der Schatten der Erde erscheint in der Mondscheibe bei jeder Mondfinsternis und in jeder Stellung der Erde gegen den Mond kreisrund.

3. Die Erde ist rund, weil der Horizont eines nach beliebigen Richtungen hin fortschreitenden Beobachters sich ununterbrochen und gleichmäßig verändert.

4. Die der Theorie der allgemeinen Schwere entsprechende Gestalt der übrigen Planeten. Nach dieser Theorie können bewegliche Massenteilchen auf der Oberfläche eines Körpers erst dann zur Ruhe kommen, wenn deren Entfernung vom Mittelpunkte überall ausgeglichen ist. Dies ist aber nur an der Kugel der Fall.

5. Der frühere Auf- und Untergang der Gestirne in östlicher liegenden Gegenden, und der hiedurch bedingte Zeitunterschied. Es entsprechen in dieser Beziehung 15° dem Zeitunterschiede von 1 Stunde, und es ist daher

1° = 4 m Zeitunterschied,
15′ = 1 m „
1′ = 4 s „
15″ = 1 s „

6. Die Erdumsegelungen, die erste ausgeführt von Ferd. Magelhaens 1519 — 1522. Bei der Umsegelung in der Richtung gegen W bleibt der Reisende im Kalender einen Tag zurück, gegen O rückt derselbe im Kalender einen Tag vor. Die Grenzlinie des Kalenderunterschieds fällt in die Gegend zwischen dem Ostkap auf Neuseeland und der Insel Tongatabu, ersteres von uns aus gewöhnlich von W her, letztere von O her erreicht.

7. Die Abnahme der Polhöhe und das Verschwinden nördlicher und das Aufgehen südlicher Gestirne für den Beobachter, der in der Richtung gegen S reist, und die entgegengesetzte Erscheinung für Beobachter, die in der Richtung gegen N reisen.

8. Der Unterschied der Tagesdauer für nördlicher und südlicher gelegene Orte. Hätte die Erde etwa

die Gestalt einer weiten Scheibe, so würde nicht nur die Sonne überall gleichzeitig auf- und untergehen, sondern es müßte auch die Dauer des Tages überall dieselbe sein.

Aus obigen Gründen erscheint also die Erde als eine Kugel in der Mitte der nach allen Richtungen hin in gleicher Weise unendlich ausgedehnten Himmelssphäre und kann im Verhältnisse zu den unmeßbaren Entfernungen der Fixsterne an der Oberfläche der Himmelskugel als eine verschwindend kleine Kugel oder vielmehr als ein Punkt betrachtet werden. Hieraus folgt, daß eine Ebene durch den Erdmittelpunkt parallel zu dem Horizont eines Beobachters angenommen (H'R' || HR), mit demselben zusammenfallend gedacht, daß diese sowie jene als Grenze der sichtbaren und unsichtbaren Hemisphäre betrachtet werden kann, und daß die Richtungslinien von allen Punkten der Erde gegen einen Fixstern parallel sind mit jener, welche durch den Erdmittelpunkt gezogen wird. Die nach obiger Erklärung durch den Erdmittelpunkt gezogene Horizontalebene wird bei astronomischen Beobachtungen und Rechnungen gewöhnlich als Horizont zu Grunde gelegt und wird deswegen der astronomische Horizont genannt. Vergl. Fig. 5.

Der Durchschnitt der Weltachse mit der Erdkugel gibt die Erdachse, deren Endpunkte, die Erdpole, Nord- und Südpol, heißen. Der Durchschnitt des Himmelsäquators mit der Erdoberfläche gibt den Erdäquator, und ebenso geben die Durchschnitte der Deklinationskreise oder Himmelsmeridiane die Erdmeridiane oder Breitekreise. Von diesen sind besonders wichtig die beiden Wendekreise $23^1/_2{}^\circ$ nördlich und südlich vom Aequator und die Polarkreise in gleichem Abstande von den beiden Polen.

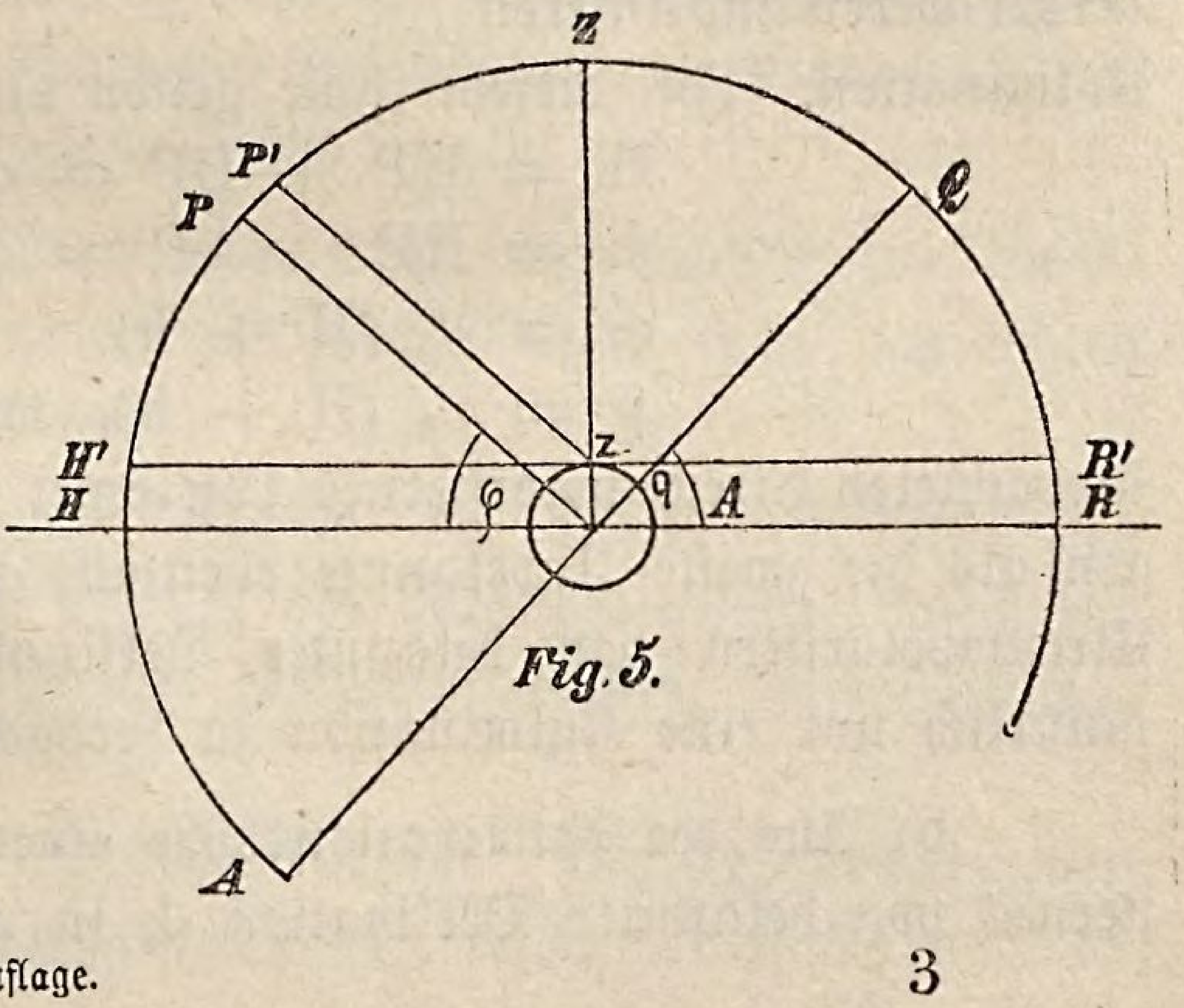


Fig. 5.

Zur Orientierung auf der Erdkugel oder zur Bestimmung der geographischen Lage eines Ortes nehmen wir durch denselben den Meridian. Die am Aequator abzu-

lesende Neigung desselben mit dem Oten Meridiane, für uns jener, der 23′ östlich von der Insel Ferro liegt, (für die Franzosen und Engländer beziehungsweise die Meridiane von Paris 20°, und der Sternwarte von Greenwich 17° 39′ 37,5″ östlich von dem obigen, gibt die geographische Länge, und der Abstand des Ortes nördlich oder südlich vom Aequator im Meridiane gemessen, die geographische Breite (φ). Die letztere ist immer gleich der Polhöhe des Ortes, und ergänzt die Aequatorhöhe (A) zu 90°, und es ist daher immer $A + \varphi = 90°$.

Es ist nämlich, wie aus Fig. 5 ersichtlich, die geographische Breite = arc qz = arc QZ = φ, und die Polhöhe = arc HP = arc (90 — PZ) = arc QZ. Daher ist φ = arc PH. Außerdem ist Polhöhe + Aequatorhöhe = arc (PH + QR) = arc (PH + PZ) = arc 90°.

Bestimmung der geographischen Lage eines Ortes auf der Erdoberfläche.

Die geographische Breite läßt sich am leichtesten astronomisch bestimmen, und zwar

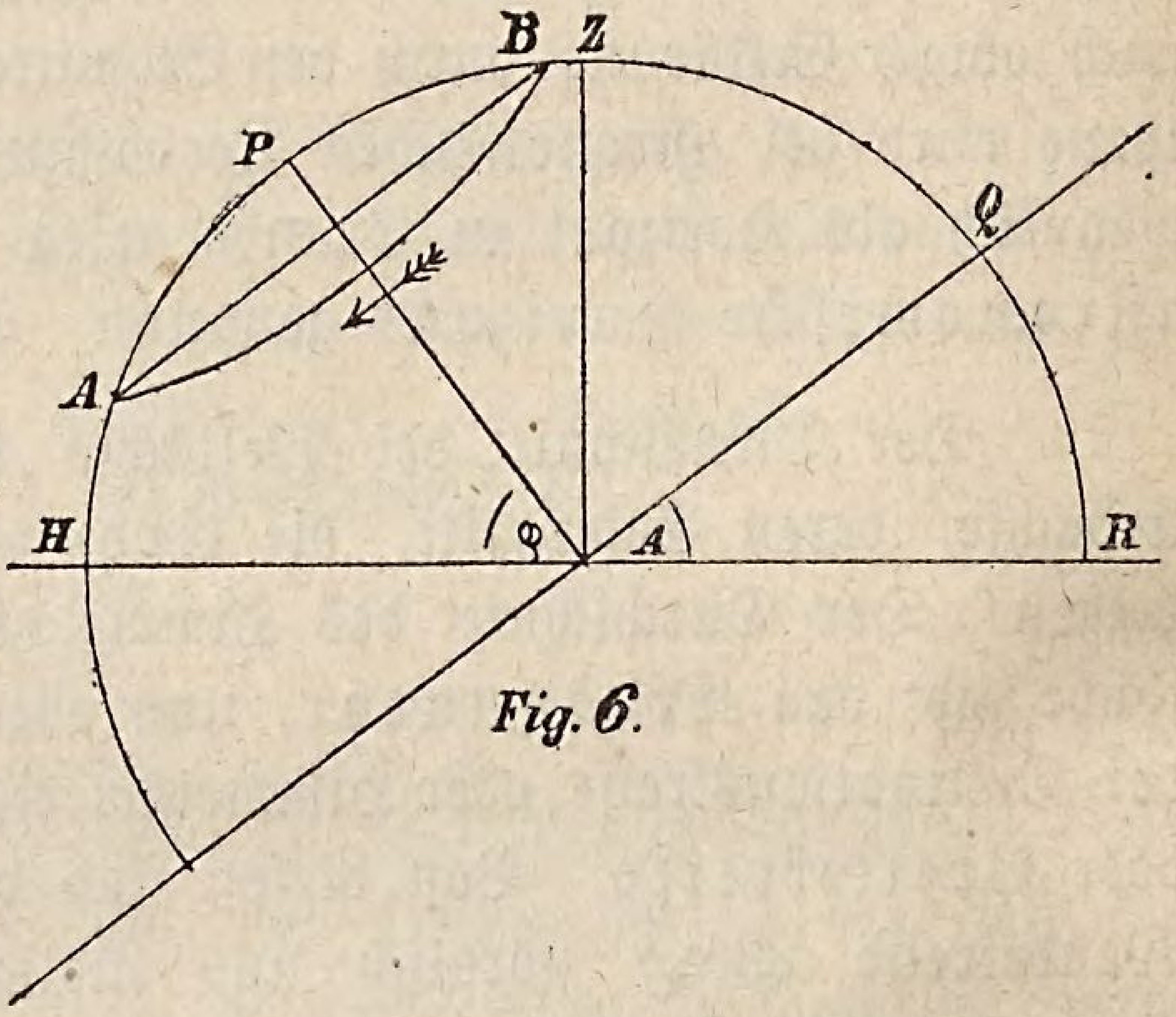


Fig. 6.

a) aus den beobachteten Höhen H und h eines Circumpolarsternes bei der oberen und unteren Kulmination. In diesem Falle gelten die Gleichungen (Fig. 6.)

$$H = HP + BP = \varphi + p$$
$$h = HP - AP = \varphi - p$$
$$\varphi = \tfrac{1}{2}(H + h)$$

$p = \tfrac{1}{2}(H - h)$, worin p die Poldistanz des beobachteten Circumpolarsternes bezeichnet, die aus obigen Gleichungen als die zweite Unbekannte ebenfalls gefunden wird. Für einen Circumpolarstern von bekannter Deklination oder Poldistanz ist natürlich nur eine Kulmination zu beobachten, da $d + p = 90°$.

b) Aus der Kulminationshöhe eines beliebigen anderen Fixsternes von bekannter Deklination d, in welchem Falle zunächst die

Aequatorhöhe A = h — d gefunden wird, je nachdem der Stern eine nördliche oder südliche Deklination hat.

c) Außerdem kann die Polhöhe auch noch aus verschiedenen Gleichungen der sphärischen Trigonometrie berechnet werden, nachdem man für einen Stern von bekannter Position verschiedene Beobachtungsgrößen, als Höhe für eine bestimmte Zeit u. s. f. bestimmt hat.

Die geographische Länge ließe sich für Orte in der Nähe des 0ten Meridians unmittelbar durch Beobachtung des Zeitunterschieds ableiten, indem man etwa beobachtet, um wie viele Stunden, Minuten u. s. f. an dem letzteren Orte die Sonne oder ein Fixstern eher oder später kulminiert. Da jedoch die unmittelbare Längenbestimmung wegen zu großer Entfernung vom 0ten Meridiane gewöhnlich unmöglich ist, so vergleicht man die Zeit des betreffenden Ortes mit jener eines zweiten Ortes von bekannter Länge. Es entspricht sodann

1 h.	Zeitdifferenz	eine	Längendifferenz	von	15°
4 m.	"	"	"	"	1°
1 m.	"	"	"	"	15′
4 s.	"	"	"	"	1′
1 s.	"	"	"	"	15″

Zur Bestimmung der Zeitdifferenzen können die nachfolgenden Mittel Anwendung finden:

a) Feuersignale, z. B. Raketen oder Leuchtkugeln, die von beiden Beobachtungsorten aus gleichzeitig gesehen werden. Die Beobachter notieren den Zeitpunkt des Signales, jeder nach der für seinen Ort genau regulierten Uhr.

b) Der elektrische Telegraph, mit welchem zwei Beobachter einer Verabredung gemäß sich wechselseitig einen bestimmten Zeitpunkt zur Kenntnis bringen.

c) Astronomische Signale, die an den beiden Orten gleichzeitig wahrgenommen werden, als Sternbedeckungen durch den Mond, Beginn einer Mond- oder Sonnenfinsternis, Verfinsterungen von Jupiterstrabanten u. s. f.

d) Chronometerexpeditionen. Die Chronometer werden nach der Zeit des Abfahrtsortes oder einer der Länge nach be-

kannten astronomischen Station reguliert, und an Orten, deren Länge man bestimmen will, mit der daselbst beobachteten Zeit verglichen.

Ist die Erde eine vollkommene Kugel, so genügt zur Berechnung derselben die Kenntnis des Halbmessers oder der Länge eines Gradbogens. Man hat aus der Länge des Aequatorgrades, indem man denselben in 15 gleiche Teile teilte, die Längeneinheit abgeleitet, die man die geographische Meile (Ml.) nennt. Es beträgt also der Umfang des Aequators 360 × 15 = 5400 Ml. Hieraus berechnet sich der Aequatordurchmesser auf 1718,9 Ml. à 25380,04 b' = 7408,434 m. Nach genaueren Vermessungen, namentlich des Astronomen Bessel, sind aber die Meridiangrade in verschiedenen geographischen Breiten von ungleicher Länge; sie sind gegen die Pole hin länger, und es ergibt sich daraus, daß die Erde als ein Umdrehungsellipsoid zu betrachten ist, dessen kleine Achse mit der Erde zusammenfällt.

Der Unterschied der großen und kleinen Ellipsenachse beträgt nahezu $^1/_{300}$ der großen Achse = 5,7 Ml., und man nennt denselben die Größe der Abplattung der Erde. Diese wurde erkannt und bestimmt einerseits durch Meridiangradmessungen, wobei sich zeigte, daß die Bogengradlängen gegen die Pole hin nach und nach zunehmen bis zur äußersten Differenz von etwa $^1/_2$ Ml., anderseits durch die Bestimmung der Beschleunigung (g) der Schwere vermittelst des Pendels. Jene beträgt z. B. in der Nähe des Aequators g = 9,6964 m, und in der Nähe von Königsberg g = 9,8141 m.

Bei Meridiangradmessungen hat man in der Richtung des Meridians einerseits die absolute Länge a eines Bogens, anderseits das Gradmaß n desselben zu bestimmen. Es ist dann immer die Länge eines Grades

$$1^\circ = \frac{a}{n}.$$

Die genauesten Messungen dieser Art verdanken wir den Astronomen Biot und Arago, welche für den Breitegrad

von Formentera fanden die Länge von 56955,4 t,
„ Greenwich „ „ „ „ 57097,6 t,
„ Tornea „ „ „ „ 57438 t.

Die Vermessung des Bogens zwischen Dünkirchen und Formentera (nahe 10°) führte zur Bestimmung der Einheit unseres Metermaßes. Die korrigierte Berechnung des Meters ergab nicht 10 Millionen auf den Meridianquadranten, sondern 10'000856.

Die mittlere Dichtigkeit des Erdkörpers beträgt etwa 5,5, woraus man zu dem Schlusse berechtigt ist, daß bei der durchschnittlichen geringeren Dichtigkeit der Oberfläche das Innere der Erde sehr dicht sein müsse, und daher größtenteils aus metallischen Stoffen bestehe.

Zur Bestimmung der Dichtigkeit der Erde dient ein Bleilot, das über einer ausgedehnten Ebene aufgehängt sich senkrecht stellt, aber in der Nähe von massenhaften Gebirgen in der Richtung gegen dieselben etwas abgelenkt wird. Bouguer fand am Chimborasso eine Ablenkung von 7—8'', Maskalyne und Hutton beobachteten anderwärts eine solche von 12''. Aus der Ablenkung des Bleilots ergibt sich sodann das Verhältnis der Anziehung des Berges zur Anziehung der Erde. Da nun die Masse des Berges als ziemlich bekannt vorausgesetzt werden kann, so ist auch jene der Erde bestimmbar, freilich nach umständlichen Berechnungen.

Nachdem wir die kugelähnliche Gestalt der Erde erkannt, und Gründe haben, dieselbe in die Mitte der Himmelskugel zu verlegen, so stellt sich die Frage, wie sich die Positionen der Himmelskörper verändern, wenn wir den Standpunkt des Beobachters in den Mittelpunkt der Erde verlegen. Bezeichnet z. B. A (Fig. 8) den Standpunkt des Beobachters, E den Mittelpunkt der Erde und M den Mittelpunkt eines Himmelskörpers, so gibt offenbar der Winkel AME den Winkel, der die veränderte Position des Gestirnes anzeigt, wobei vorausgesetzt ist, daß für den Beobachter A das Gestirn im Horizont sich befindet. Man nennt diesen Winkel die Horizontalparallaxe des beobachteten Gestirns. Befindet sich jedoch das Gestirn in M', so bezeichnet AM'E diesen Winkel unter der Voraussetzung, daß das Gestirn für den Beobachter die Höhe MM' habe. Derselbe heißt deshalb die Höhenparallaxe. Wir verstehen also unter Parallaxe im allgemeinen den Winkel, unter welchem man von einem entfernten Standpunkte aus die Ausdehnung eines Körpers, etwa vom Monde aus den Erdhalbmesser eines Beobachters oder von irgend einem anderen Himmelskörper aus

den Halbmesser der Erdbahn sieht. Die letztere wird, da ihre Bestimmung Beobachtungen mit einem Zwischenraume eines beträchtlichen Teiles eines Jahres in Anspruch nimmt, die jährliche Parallaxe genannt. Dagegen heißt der Winkel, unter welchem man von irgend einem Gestirn aus den Erdhalbmesser sieht, die tägliche Parallaxe. Diese beträgt für die Sonne 8,6″, für die Planeten ebenfalls nur wenige Sekunden oder Bruchteile derselben.

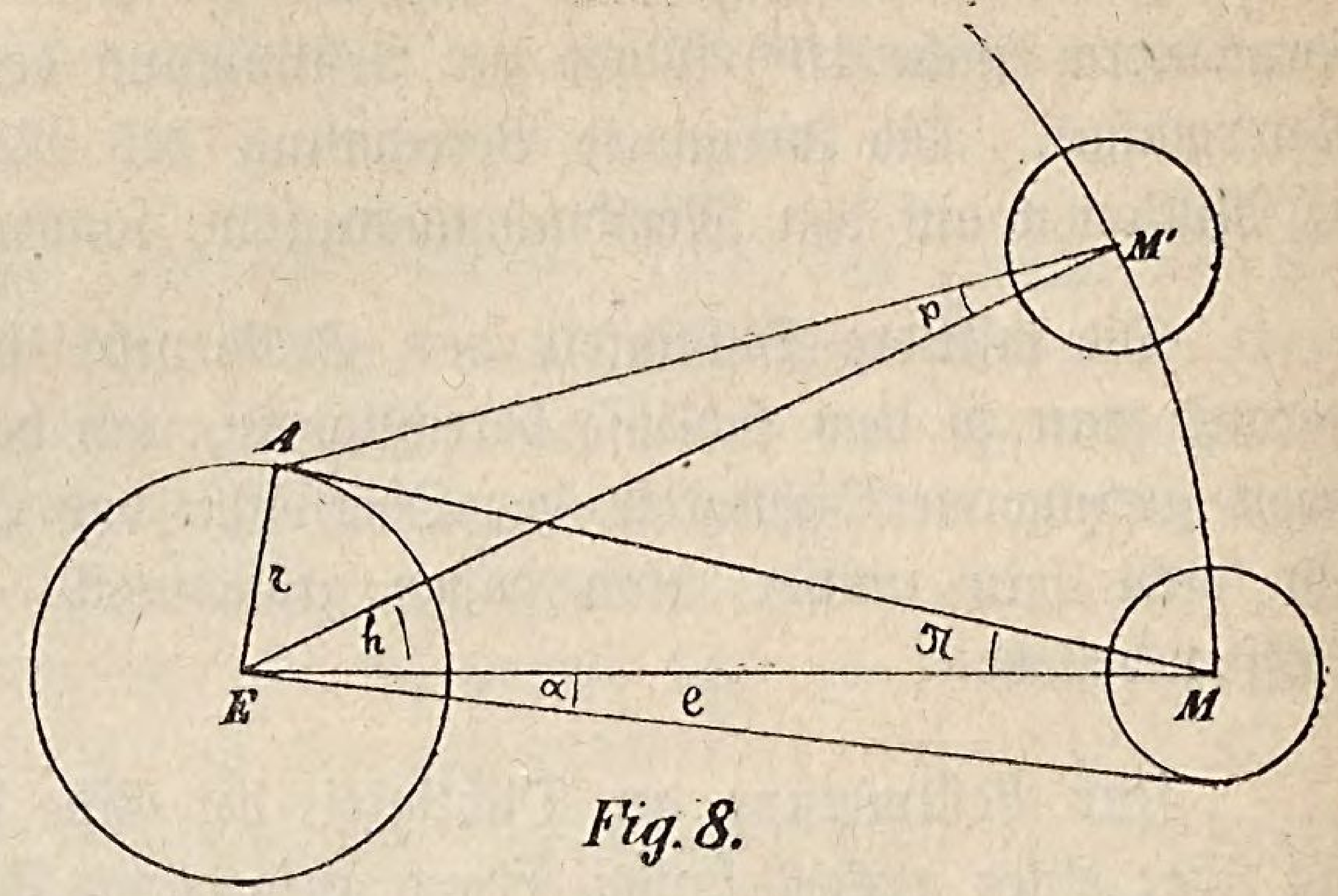


Fig. 8.

Die Parallaxe dient zur Berechnung der Entfernung eines Gestirnes vom Erdmittelpunkte und mittelst dieser auch zur Bestimmung der Größe (Halbmesser) desselben. Bezeichnen wir die Entfernung mit e, die Horizontalparallaxe mit π, die Höhenparallaxe mit p, den scheinbaren Halbmesser mit α und den wahren Halbmesser mit R, den Halbmesser der Erde mit r, so gelten die Gleichungen:

$$e = \frac{r}{\sin \pi}$$

$$\sin p = \frac{r \cos h}{e} = \sin \pi \cos h,$$

$$R = e \sin \alpha$$

Nehmen wir die jährliche Parallaxe eines Fixsterns = 1″, so berechnet sich die Entfernung desselben, vorausgesetzt, daß der Halbmesser der Erdbahn = 20‘000000 Ml. gegeben,

$$e = \frac{20\text{‘}000000}{\text{Sin } 1''} = 4{,}2 \text{ Billionen Ml. (annähernd).}$$

Man bezeichnet diese Entfernung von 4 Bill. Ml. gewöhnlich mit Sternweite, sowie die in runder Zahl gegebene Entfernung der Sonne von der Erde mit Sonnenweite.

Ist die Parallaxe eines Fixsterns kleiner als $\frac{1}{10}$″, so ist die-

selbe nicht mehr zuverlässig und kann sie verschwindend klein angenommen werden. Demgemäß sind auch alle geraden Linien, die man von beliebigen Punkten der Erdoberfläche gegen einen Fixstern hin gezogen denkt, als parallele Gerade zu betrachten.

Zur Begründung und Veranschaulichung des im gegenwärtigen Abschnitte Vorgetragenen dienen der Erdglobus und die weiter folgenden allgemeinen Aufgaben.

a) Bestimmung der geographischen Länge und Breite eines auf dem Erdglobus bestimmten Punktes,

b) aller Orte von gleicher geographischer Breite,

c) aller Orte von gleicher geographischer Länge,

d) der Tageszeit eines gegebenen Ortes aus der Tageszeit eines anderen,

e) aller Orte, an welchen es für einen gegebenen Ort und zu einer bestimmten Zeit desselben Mittag ist,

f) Bestimmung der Gegenwohner (Antöken) eines Ortes d. h. derjenigen Orte, welche mit dem letzteren gleiche Länge, aber entgegengesetzte Breite haben,

g) der Nebenwohner (Periöken) d. h. derjenigen Orte, welche mit einem gegebenen Orte gleiche Breite und entgegengesetzte Länge haben,

h) der Gegenfüßler oder Antipoden mit doppelt entgegengesetzter Lage,

i) der Weltgegend, nach welcher von einem gegebenen Orte aus ein anderer Ort liegt,

k) derjenigen Orte, die von einem gegebenen Orte aus in einer bestimmten Weltrichtung liegen,

l) aller Orte, über welchen an einem gegebenen Tage die Sonne durch das Zenith geht,

m) der Tage, in welchen die Sonne im Zenith eines in der heißen Zone liegenden Ortes kulminiert,

n) für einen gegebenen Tag und Ort jenen Punkt der Erdoberfläche zu bestimmen, über welchem zu einer gegebenen Tageszeit die Sonne im Zenith kulminiert.

o) Bestimmung jenes Teiles der Erdoberfläche, welcher in einer für uns gegebenen Tageszeit von der Sonne beleuchtet wird.

p) Den längsten und kürzesten Tag eines gegebenen Ortes zu bestimmen.

q) Bestimmung der Jahreszeit, in welcher an einem gegebenen Punkte der Polarregion die Sonne nicht auf- oder untergeht.

II. Nachweis der täglichen Rotation der Erde und ihre Wirkungen.

Die tägliche Umwälzung des Himmels ist nur scheinbar und ist die Wirkung der in entgegengesetzter Richtung von W nach O stattfindenden Rotation der Erde.

Als Gründe für diese Annahme können folgende Thatsachen gelten:

1. Die schon von Kopernikus geltend gemachte Unwahrscheinlichkeit, daß eine unermeßliche Anzahl von ungleichweit entfernten und ungleich großen Himmelskörpern sich gleichzeitig um die Erde oder vielmehr um eine durch dieselbe gezogene Achse bewegen sollen.

2. Genaue, zuerst von Newton mit Erfolg angeordnete Versuche zeigen, daß Körper, die aus bedeutenden Höhen fallen, eine merkliche Abweichung gegen O erhalten, eine Erscheinung, welche auf eine der ursprünglichen Höhe des Körpers entsprechende größere Rotationsgeschwindigkeit hinweist.

3. Die mehr oder weniger beständigen Passatwinde in mittleren Breiten.

Auf der nördlichen Hemisphäre unterscheiden wir den oberen Passat oder Südstrom, der aus Südwest kommend auf einen Ueberschuß von west-östlicher Bewegung, und den unteren Passat oder Nordstrom, der aus Nordost einfallend auf einen bemerkbaren Mangel an west-östlicher Bewegung hinweist. Beide Windrichtungen erklären sich nur unter Annahme einer Achsendrehung der Erde, die der Atmosphäre unter dem Aequator eine Geschwindigkeit erteilt, die gegen die Pole hin nach und nach abnimmt und endlich verschwindet. Auch bei der Erklärung der sogenannten Drehstürme, Cyklone und der Teifuns an den chinesischen Küsten kommt die Achsendrehung der Erde in Betracht.

4. Die Abplattung der Erde. Diese entspricht der Laplace'schen Weltbildungstheorie, nach welcher der feste Erdkern aus einer weichen, in rotierender Bewegung befindlichen Masse sich gebildet hat. Die Rotation offenbart sich durch die in verschiedenen Breiten nachgewiesene Centrifugalkraft, die unter dem Aequator am größten ist, und gegen die Pole hin nach und nach verschwindet. Dieser Grund für die Annahme einer Rotation ist um so gewichtiger, da eine analoge Rotation an Sonne, Mond und Planeten aus direkter Beobachtung erkannt ist.

5. Der Foucauld'sche Pendelversuch, der zum erstenmale 1851 in Paris angestellt worden ist. Bei demselben wurde zunächst die Thatsache festgestellt, daß ein sorgfältig aufgehängtes Pendel, von dem man mit Rücksicht auf das Gesetz der Trägheit voraussetzen muß, daß es die einmal erhaltene Schwingungsrichtung beibehält, nach und nach diese Richtung verläßt, indem die Schwingungsebene eine Drehung von O über S nach W annimmt. Wiederholte Versuche zeigten, daß die Ablenkung für gleiche Beobachtungszeiten in größeren Breiten eine größere sei. Dies führte zur Annahme, daß diese Erscheinung eine direkte Folge der bereits aus anderen Gründen erkannten Achsendrehung der Erde sei und daß dieselbe unter dem Pole in der Zeit von 24 Stunden einen vollen Umkreis betragen müsse, wie sich dies an der Rotationsmaschine im kleinen veranschaulichen läßt. In gleicher Weise ist es unter obiger Annahme einleuchtend, daß das unter dem Aequator schwingende Pendel die einmal erhaltene Schwingungsrichtung resp. die Richtung der zum Schwingungsbogen gezogenen horizotalen Tangente unverändert beibehält und in der geographischen Breite φ die Oberfläche eines Kegels beschreibt, dessen Seite an dem Durchschnitte der verlängerten Erdachse als Scheitel einen Winkel gleich der geographischen Breite φ bildet. Beträgt nun die Ablenkung für eine Doppelschwingung des Pendels in der geographischen Breite φ den Winkel β, und diejenige eines Pendels unter dem Pole den Winkel α, dessen Schenkel die Projektionen der Schenkel des Winkels β sind, und nehmen wir

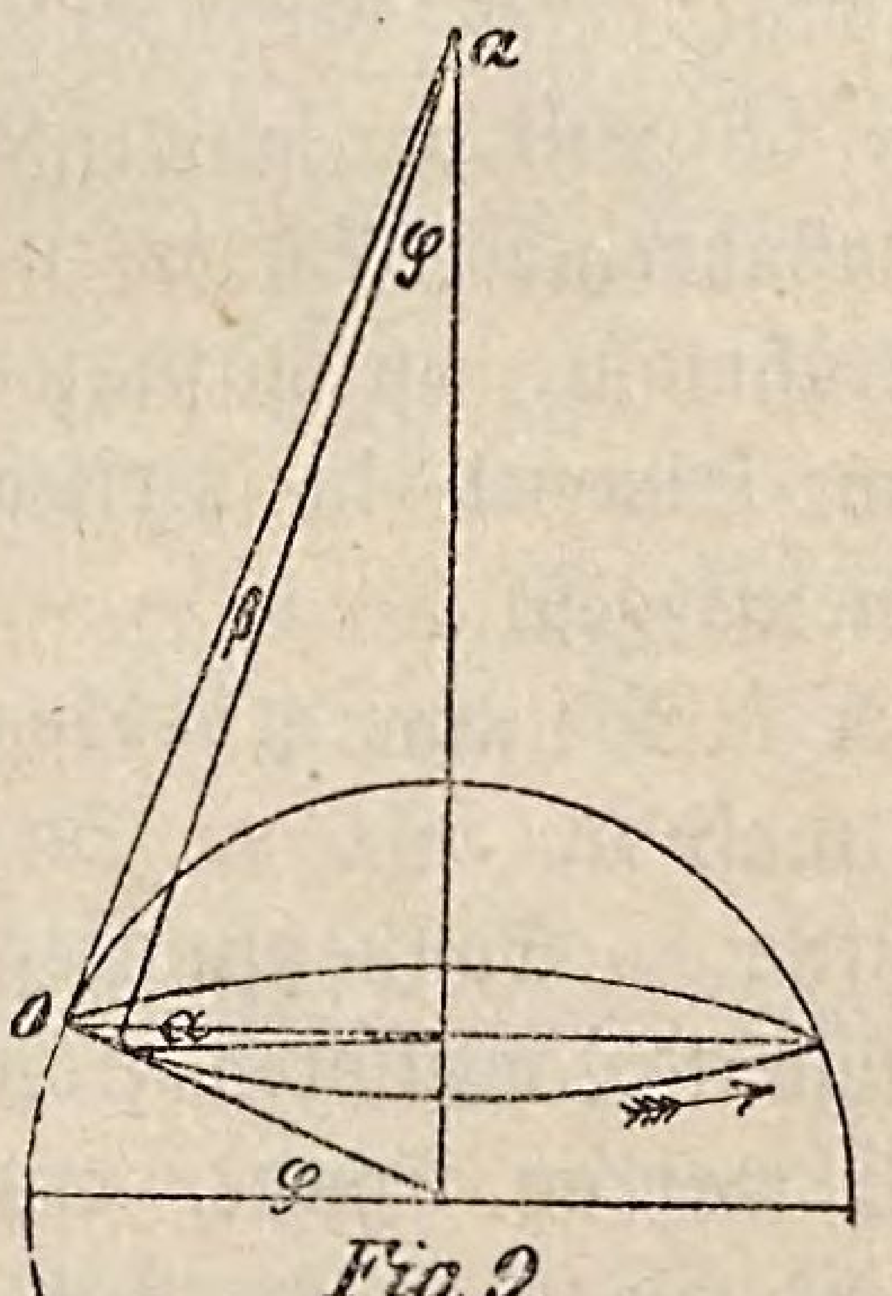


Fig. 9.

an, daß die Pendelschwingungen ununterbrochen während 24 Stunden beobachtet werden, so wird die Gesammtablenkung des Pendels in der geographischen Breite φ den Winkel A der abgewickelten Kegelfläche geben, während die Ebene des Pendels unter dem Pole den vollständigen Umkreis von 360° beträgt.

Diese beiderseitigen Ablenkungen geben nun die Proportion:

$$\frac{\beta}{\alpha} = \frac{A}{360^0} = \frac{\text{arc der abgew. Kegelfl.}}{\text{ganz. Umkreis vom Halbm. ao}} = \frac{2\varrho\pi}{2ao\pi} = \frac{\varrho}{ao} = \sin\varphi,$$

woraus folgt

$$A = 360^0 \sin\varphi.$$

Dies ist denn auch die allgemeine Formel für die Ablenkung des Foucauld'schen Pendels, die der Beobachtung entspricht.

Die Dauer einer vollständigen Umdrehung der Erde nennen wir Tag, den wir entweder auf einen festen Punkt des Himmels oder auf die Sonne beziehen. Wir unterscheiden daher:

1. Den Sterntag, die Zeit von einer Kulmination eines Fixsternes oder des Frühlingspunktes bis zur nächsten. Dieser Tag wird in 24 Sternstunden eingeteilt und beginnt mit der Kulmination des Frühlingspunktes. Der Stundenwinkel des Frühlingspunktes gibt die Sternzeit, die von den astronomischen Uhren angezeigt wird.

2. Den wahren Sonnentag, die Zeit von einer Kulmination der Sonne bis zur nächsten. Dieser Tag hat aber wegen der ungleichförmigen Bewegung der Sonne und zwar a) in Folge der veränderlichen Entfernung der Erde von derselben, b) in Folge davon, daß die Sonne in der Ekliptik und nicht im Aequator sich bewegt, eine veränderliche Dauer und eignet sich daher nicht für die bürgerliche Zeitmessung. Um nun einen Sonnentag von unveränderlicher Dauer zu erhalten, denkt man sich eine Sonne, die gleichmäßig im Aequator sich fortbewegend den jährlichen Umlauf am Himmel in derselben Zeit wie die wahre Sonne vollendet. Dieses gibt

3. den mittleren Sonnentag, dessen Dauer sich auf 1 d. 3 m. 56,6 s. Sternzeit berechnet. Diese Zeit wird in 24 mittlere Sonnenstunden geteilt u. s. f. Der Stundenwinkel der fingierten mittleren Sonne wird mittlere Sonnenzeit und jener der wahren Sonne, wahre Sonnenzeit genannt. Diese wird durch die Sonnen- jene aber durch die Räderuhren angezeigt.

Die Differenz zwischen mittlerer und wahrer Zeit, beziehungsweise mit m und w bezeichnet, gibt die **Zeitgleichung** (Z), und es ist demnach

$$m - w = Z, \text{ oder}$$
$$m - Z = w.$$

Die Zeitgleichung ist demnach positiv, wenn die wahre Sonne zurückbleibt d. h. wenn die gewöhnlichen Uhren scheinbar vorgehen, und im entgegengesetzten Falle negativ. Die Zeitgleichung beträgt z. B.

am 1. Jan.	1882	+	3m 53s,	am 26. Juli	1882	+	6m 16s,
„ 10. Febr.	„	+	14m 28s,	„ 1. Sept.	„		0m,
„ 15. April	„		0m,	„ 2. Nov.	„	—	16m, 20s,
„ 14. Mai	„	—	3m 53s,	„ 24. Dez.	„		0m.
„ 14. Juni	„		0m.				

Zur Vergleichung der Sternzeit und der mittleren Sonnenzeit dienen die Gleichungen:

1 h Sternzeit = 0h. 59m. 50,15 s
1 m „ 0m 59, 84 s
1 h mittl. Sonnenzeit = 1h. 0m. 9,86 s
1 m „ „ 1m. 0,16 s.

Allgemeine Aufgaben über Zeitbestimmungen.

a) Für irgend einen Augenblick die **wahre Zeit** w und damit auch die **Zeitgleichung** Z zu bestimmen. Zu diesem Zwecke beobachten wir am besten die Kulmination der Sonne, bei welcher die wahre Zeit = 12 h oder 0h ist. Erfolgt dieselbe genau mittags 12h, so ist die Zeitgleichung Z = 0, wenn früher, so ist $w > m$ und die Zeitgleichung negativ, wenn später, so ist $w < m$, und die Zeitgleichung positiv. Ihre Größe ergibt sich in den beiden letzten Fällen aus dem Stande der Uhr, die in dem einen Falle nach- und in dem anderen vorgeht.

In verschiedenen Städten Italiens und der Schweiz sind auf öffentlichen Plätzen Sonnenzeiger aufgestellt, die an einer **S**förmigen Doppelkurve an jedem sonnigen Mittage genau die Zeit des mittleren Mittags angeben.

b) **Bestimmung der Rektascension** α **der Sonne oder eines Sternes.**

α) Wenn für den Augenblick der Kulmination des zu be-

stimmenden Gestirnes die Sternzeit t, d. i. der Stundenwinkel des Frühlingspunktes gegeben ist, so gibt dieselbe in Gradmaß verwandelt zugleich auch die gesuchte Rektascension α.

β) Für eine beliebige mittlere Zeit m berechnet sich dieselbe aus der Differenz der Sternzeit t und der wahren Zeit w, welche = m — Z zu setzen ist. Es ist daher nach Fig. 10.

$$\alpha = t - w = t - (m - Z),$$

wobei zu beachten, daß w und t in Gradmaß umzusetzen und vom Meridiane M aus in der Richtung nach W, während α vom Frühlingspunkte aus in der Richtung gegen O zu zählen ist.

Zur Bestimmung der Rektascension α eines Fixsternes brauchen wir nur die Sternzeit t und den Stundenwinkel s zu kennen. Es ist dann immer

$$\alpha = t - s.$$

c) Bestimmung der Sternzeit t, wenn die mittlere Sonnenzeit m und die Rektascension α der Sonne gegeben ist.

Es ist unter den oben angegebenen Voraussetzungen

$$t = \alpha + w = \alpha + m - Z,$$

wobei die erhaltene Summe vom Grad- in das Zeitmaß umzusetzen ist.

d) Bestimmung des Stundenwinkels s eines Gestirnes, wenn die Rektascensionen des Sternes und der Sonne (α und α') und die mittlere Sonnenzeit m gegeben ist.

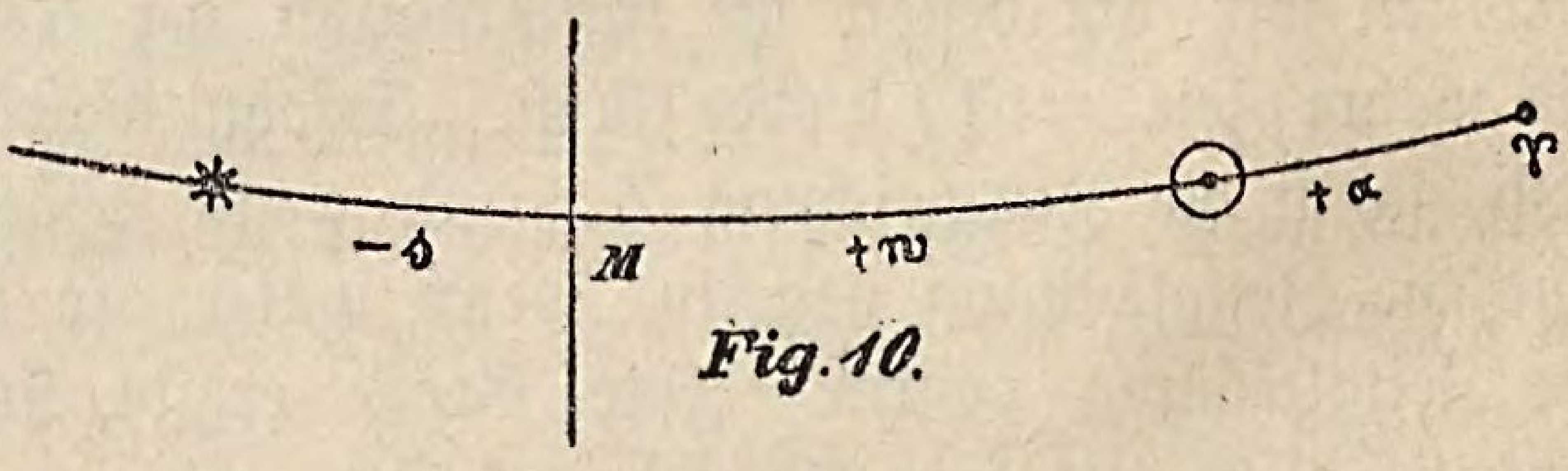


Fig. 10.

Wenn der Stern mit der Sonne gleiche Rektascension hat, d. h. wenn $\alpha = \alpha'$ ist, so ist offenbar s = w = m — Z; ist aber $\alpha > \alpha'$, dann ist s um ($\alpha - \alpha'$) kleiner, und es ist also, wenn die drei genannten Größen positiv genommen werden:

$$s = w - (\alpha - \alpha') = m - Z - (\alpha - \alpha').$$

Sind dieselben entweder ganz oder teilweise negativ, so hat man nur die betreffenden Zeichenveränderungen vorzunehmen.

e) Bestimmung der mittleren Zeit m aus einer

Sonnen-Beobachtung, wenn die Zeitgleichung gegeben ist, oder Controlierung einer Uhr.

α) Aus der Kulminationsbeobachtung der Sonne, in welchem Falle w = o ist. Es ist dann m = o + Z = Z.

Stimmt nun die Uhr mit der Zeitgleichung überein, so geht sie richtig, außerdem geht sie um den Betrag der Abweichung von Z entweder vor oder nach.

β) Aus der Kulminationsbeobachtung eines Sternes vorausgesetzt, daß die Rektascensionen der Sonne und des Sternes (α' und α) gegeben sind.

Es ist offenbar ($\alpha - \alpha'$) in mittlere Sonnenzeit umgesetzt, die Zeit zwischen der Kulmination des Sternes und jener der Sonne, und diese Differenz ist im Augenblicke der Kulmination des Sternes gleich der wahren Zeit. Es soll also die Gleichung gelten:

$$w - (\alpha - \alpha') = m - Z - (\alpha - \alpha') = o.$$

Ist diese Differenz nicht = o, sondern = c, so gibt dieser Betrag die Korrektion der Uhr.

γ) Durch Beobachtung von korrespondierenden Sonnen- oder Sternhöhen.

Finden dieselben in den Zeiten w und w' statt, so ist offenbar die Zeit der Kulmination $\frac{w + w'}{2} = \frac{m + m'}{2} - Z.$

Bei Beobachtung von Sonnenhöhen ist hiebei die Deklinationsänderung zwischen den Beobachtungszeiten noch in Rechnung zu ziehen.

δ) Durch Beobachtung einer einfachen Sonnenhöhe h, wenn die Deklination der Sonne d und die Aequatorhöhe A des Beobachtungsortes bekannt ist. Hiebei ist der Stundenwinkel oder die wahre Sonnenzeit w aus einem sphärischen Dreiecke zu berechnen oder aus einer Uebersichtstafel, in welcher zu der gegebenen Aequatorhöhe für alle Tage des Jahres und für alle Stunden des Tages die Sonnenhöhen angegeben sind, durch Interpolation zu bestimmen.

ε) Mittelst genau construierter Sonnenuhren oder ähnlicher Vorrichtungen.

f) Regulierung des Ganges einer astronomischen Uhr.

Man beobachtet wenigstens zweimal nacheinander die Kulmination eines Fixsternes. Im Falle die Uhr in Bezug auf Geschwindigkeit richtig geht, fallen die beobachteten Kulminationen in denselben von der Uhr angegebenen Zeitpunkt; außerdem geht die Uhr entweder zu langsam oder zu schnell, in welchem Falle der Motor der Uhr, Pendellänge oder Feder, entsprechend zu korrigieren ist. Die Abweichung in Bezug auf richtige Zeitangabe muß nach der vorigen Aufgabe erkannt und korrigiert werden.

Die verschiedenartigen Wirkungen der Jahreszeiten auf verschiedene Zonen der Erdoberfläche führte zur Teilung derselben in 5 klimatische Zonen.

1. Die heiße oder tropische Zone, in Beziehung auf die scheinbare Rotation des Himmels „sphaera recta“ genannt, deren Bewohner ascii oder unschattige (auch zweischattige) genannt werden. Sie umfaßt die Zone zwischen den zwei Wendekreisen.

2. Zwei gemäßigte Zonen zwischen je einem Wende- und Polarkreise, die eine nördlich und die andere südlich vom Aequator. Sie werden „sphaera obligua“ genannt und deren Bewohner heteroscii oder einschattige.

3. Zwei kalte Zonen an den beiden Polen „sphaera parallela“, deren Bewohner periscii oder umschattige genannt werden.

I. Darstellungsmethoden von Kugeloberflächen und von Teilen derselben; Netze für Land- und Sternkarten.

Bei der Darstellung der Himmels- und auch der Erdkugel-Oberfläche sind verschiedenartige Projektionen im Gebrauch, die sich etwa unter die folgenden drei Hauptmethoden einreihen lassen:

Die stereographische Projektion und zwar:

a) die stereographische Polarprojektion, wenn das Auge in einem Pole und die Bildebene im Aequator angenommen

wird. Die Meridiane erscheinen als Durchmesser des Aequators und die Parallelen als konzentrische Kreise. Die Länge des projizierten Halbmessers des Parallelkreises der geographischen Breite φ ist in diesem Falle

$$\varrho = \frac{r \cos \varphi}{1+\sin\varphi} = r \operatorname{tang} (45-{}^1/_2\, \varphi).$$

In dieser Projektion werden gewöhnlich die Circumpolarregion des Himmels und die Polar-Länder abgebildet, häufig dadurch modificiert, daß die Abstände der Breitegrade gleich groß genommen werden.

b) Die stereographische Aequatorialprojektion, wenn das Auge im Aequator gedacht wird. Bei dieser Projektion erscheinen der Aequator und der Meridian des Auges als senkrechte Durchmesser des polaren Meridianes, der als Kreis erscheint. Alle übrigen Meridiane und Parallelen projizieren sich in Kreisbögen. Der Halbmesser des Parallelkreises ist:

$$\varrho = r \cot \varphi.$$

Der Halbmesser des Meridianes vom Längenunterschied λ mit der Bildebene :

$$\varrho' = r \sec \lambda.$$

Diese Projektionsart gibt die gewöhnliche Darstellung der Planiglobien.

c) Die stereographische Horizontalprojektion, wenn das Auge an irgend einem anderen Punkte der Kugelfläche angenommen wird, während als Bildebene der zum Horizonte des Beobachters parallele Hauptkreis dient. Auch hier erscheinen die Meridiane und Parallelen als Kreisbögen mit Ausnahme des Meridians des Ortes und dessen Parallelkreises, die als senkrechte Gerade, beziehungsweise Durchmesser und Sehne erscheinen.

d) Die stereographische Centralprojektion, bei welcher das Auge in den Mittelpunkt der Erde versetzt wird und die der Mitte der darzustellenden Kugelfläche angehörige Tangentialebene als Bildfläche dient. In dieser Projektion erscheinen die Meridiane als gerade Linien, die sich in dem einen der Pole schneiden, und die Parallelen je nach der geographischen Lage des Berührungspunktes der Bildfläche als Kreise oder elliptische und parabolische Bögen.

2. Die orthographische Projektion, wenn das Auge in unendliche Entfernung verlegt wird und senkrecht über die Bildfläche. Je nach der Richtung unterscheiden wir:

a) die orthographische Polarprojektion, wenn das Auge in der verlängerten Erdachse angenommen wird. In dieser Projektion erscheinen die Meridiane als Durchmesser des Aequators, der das Bild begrenzt, und die Parallelen als konzentrische Kreise mit dem Aequator, deren Halbmesser

$$\varrho = r \cos \varphi.$$

b) Die orthographische Aequatorialprojektion, bei welcher das Auge in einem Punkte der unendlich verlängerten Aequator-Ebene angenommen wird. Die Meridiane erscheinen mit einer einzigen Ausnahme als Ellipsen und die Parallelen als Sehnen, jede $= 2 r \cos \varphi$. Die gemeinschaftliche halbe große Achse der Meridiane ist $= r$, und die Hälfte der kleinen Achse jedesmal $= r \cos \lambda$, worin λ die oben erwähnte Bedeutung hat.

c) Die orthographische Horizontalprojektion versetzt das Auge nach irgend einer anderen Richtung in unendliche Entfernung über die Mitte des abzubildenden Teiles der Kugeloberfläche. Die Meridiane und Parallelen erscheinen in elliptischen Bögen.

Die orthographischen Projektionen eignen sich nur für die Darstellungen von Kugeloberflächen, die sehr weit von dem Auge des Beobachters entfernt gedacht werden, z. B. für die Darstellung der Oberfläche des Mondes, der Sonne u. s. f.

3. Abwickelbare Projektionen, bei welchen die Parallelen und Meridiane zuerst auf die Oberfläche eines die Kugel umschließenden Kegels oder Cylinders aufgetragen und von diesen aus in die Ebene abgewickelt werden. Wir unterscheiden:

a) die konische Projektion, bei welcher die Meridiane als von einem Punkte ausgehende Strahlen und die Parallelen als konzentrische Kreisbögen erscheinen. Die hier bei Aufnahme von ausgedehnten Flächen unvermeidlichen großen Abweichungen wurden durch mehrfache Modifikationen gemindert, namentlich von Bonne, de Chasle, Flamsteed u. a.

In dieser Projektion finden wir häufig Himmel- und Erdregionen, die sich den Polen nähern, abgebildet.

b) Die cylindrische Projektion, bei welcher die Meridiane und Parallelen auf einander senkrecht stehen und also ein orthogonales Netz von geraden Linien bilden. Hieher gehört vorzugsweise die Projektion Merkators. Auch diese Projektionsart wurde mehrfach modificiert, wie wir dies in den Plattkarten, dann in den reduzierten Karten und in der Projektion von Cassini finden.

Die cylindrischen Projektionen werden am besten angewendet bei der Darstellung ausgedehnter Aequatorregionen, und außerdem noch bei der kartographischen Aufnahme verhältnißmäßig beschränkter Teile von Kugelflächen.

K. Geschichtliches über Bildung und Erweiterung geographischer Vorstellungen und Kenntnisse.

Die Vorstellungen und Anschauungen über das Wesen der Erde und deren Stellung im Weltall waren bei den alten Kulturvölkern phantastisch und mythenhaft. So verglichen die alten Inder die Erde mit einer Lotusblume, die auf dem Grunde des Meeres wurzelt und ihre Blüten gegen den Himmel erhebt. Die Blätter der Blumen entsprechen den damals bekannten Hauptländern: Indien, China, Persien, Hoch- und Vorderasien. Bei Homer (900 v. Ch.) ist die Erde dargestellt als eine vom Ocean ringsumströmte Scheibe, über deren Mitte der Olympos, der erhabene Götterwohnsitz sich erhebt. Derartige mythenhafte Vorstellungen mußten allmählich schwinden und einer nüchternen Anschauung weichen, als sich der allgemeine Weltverkehr, namentlich durch die Aegypter und Phönizier, mehr und mehr erweiterte. Die genannten Handelsvölker, deren Verkehr sich schon in den ältesten Zeiten weit über das Mittelmeer hinaus erstreckte, unterschieden zuerst drei Weltteile: Europa, Asien und Lybien.

Mit Herodot aus Halikarnaß (450 v. Ch.) beginnt eine Reihe hervorragender Männer, welchen die Griechen die Erweiterung der Erdkunde vorzugsweise verdanken. Derselbe gab in seinem berühmten Geschichtswerke der Erde die Gestalt einer durch das Mittelmeer nahezu halbierten ovalen Scheibe. Die ersten Gründe

für Annahme der Kugelgestalt der Erde und für die Möglichkeit einer Durchschiffung des atlantischen Oceans machte der Stagirite Aristoteles geltend (um 350), und nach ihm wurden von anderen griechischen Philosophen eine Reihe weiterer Beweise für die Kugelgestalt der Erde ausgesprochen. Eratosthenes aus Cyrene (200) bediente sich zur Darstellung der ihm bekannten Länder und Meere zuerst eines Gradnetzes und machte selbst den Versuch, den Umfang der Erde zu bestimmen. Jene Darstellungen verbesserte und erweiterte mit Rücksicht auf die erkannte allseitige Krümmung der Erdoberfläche der alexandrinische Astronom Hipparch (150), welcher auch zuerst geographische Ortsbestimmungen durch astronomische Beobachtungen vermittelte.

Um die Zeit Christi sammelte Strabo, der Geograph von Amasea, der beinahe das ganze Römerreich mit eigenen Augen durchforscht hatte, alle vor ihm aufgezeichneten geographischen Erfahrungen und überlieferte dieselben, mit seinen eigenen Aufzeichnungen erweitert, in seinem 17 Bücher umfassenden Werke der Nachwelt. Diese machte sich jedoch vielmehr das auf mathematischer Grundlage abgefaßte Werk des Cl. Ptolemäus aus Alexandrien (150 n. Ch.) zu Nutzen, indem dasselbe mit den betreffenden Karten bis in das 16. Jahrhundert hinein von allen Reisenden benützt wurde. Der Irrthum des Ptolemäus, nach welchem Asien den indischen Ocean umschloß, führte später Kolumbus auf den Gedanken, Ostasien von Westeuropa aus zu suchen, und daher mittelbar zur Entdeckung von Amerika.

Den Römern verdanken wir genauere Aufnahmen und Vermessungen im Gebiete ihres Weltreiches und die daraus gewonnenen Reisekarten. Zu diesen gehört die Karte, welche mit Ende des 15. Jahrhunderts Konrad Celtes im Kloster Tegernsee auffand und dem Augsburger Syndikus Konrad Peutinger zur Publikation übergab. Diese Karte, Tabula Peutingeriana, ist eine Copie des um 230 n. Ch. erschienenen Originales und umfaßte in 12 Tafeln den größten Theil der von den Römern gekannten Erde.

Die in der alten und mittleren Zeit unternommenen Seefahrten beschränkten sich fast ausschließlich auf die Küsten des mittelländischen Meeres und des indischen Oceans. Der pfadlose atlantische Ocean wurde erst zu einer gebahnten Weltstraße durch die

Erfindung des Kompasses, der nach unsicheren Nachrichten schon 1000 v. Ch. in China gebraucht wurde. In Europa wird derselbe erst von dem Engländer Neckam erwähnt (1180), obschon als der eigentliche Erfinder Flavio Gioja (um 1300), der zuerst die Magnetnadel mit einer Windrose in Verbindung brachte, angesehen wird. Unter den in dieser Zeit unternommenen Land- und Seereisen, die zur Erweiterung und Klärung des geographischen Gesichtskreises wesentlich beigetragen haben, sind diejenigen der Gebrüder Polo von Venedig und des Marko Polo, Sohn des einen derselben, in den Jahren 1255—1295 von besonderer Bedeutung.

In der Zeit, in welcher von Seite der europäischen Handels-Völker vier abwechselnd mehr oder weniger beliebte Haupthandels-Wege nach Indien eingehalten wurden, stellte sich die Aufgabe, einen direkten Seeweg nach Ostindien zu suchen. Der Lösung dieser Aufgabe widmete sich zuerst Heinrich der Seefahrer, Prinz von Portugal, und es wurden teils durch ihn selbst, teils durch seine Veranlassung aufgefunden und in Besitz genommen Porto Santo, Madeira, die Azoren, Kap blanko und verde und endlich die Küste von Guinea (1418—1460). Der Entdecker des Kap „des stürmischen Vorgebirges", später „der guten Hoffnung" wurde Bartolomeo Diaz 1444, der jedoch nicht in der Lage war, dasselbe für seinen König Johann II. in Besitz zu nehmen und zu umschiffen. Die erste Umschiffung gelang Vasco de Gama am 9. Juli 1497. In teilweiser Beziehung zu den eben angegebenen Entdeckungsreisen sowie auch zu den fast gleichzeitigen Unternehmungen des Kolumbus stand der berühmte Mathematiker und Seemann Martin Behaim von Nürnberg, der 1492 in Lissabon für seine Vaterstadt den ersten Erdglobus fertigte.

War schon die Bedeutung des neuen Seeweges für Handel und Völkerverkehr glänzend genug, um einen neuen Abschnitt in der Weltgeschichte zu begründen, so geschah dieses noch viel mehr durch die Entdeckung von Amerika, welche den Gesichtskreis der Erdkunde auf eine ganz neue Welt ausdehnte. Unsicheren Nachrichten zufolge hatte der Genuese Kolumbus auf einer nach dem Norden gerichteten Fahrt in Island von der schon 500 Jahre früher von da und von Grönland ausgehenden Entdeckung und Kolonisierung von amerikanischen Küstenländern Kenntnis erhalten.

Abgesehen davon hatte er durch das Studium von Karten und Seereiseberichten, durch welche die Kugelgestalt der Erde außer jeden Zweifel gesetzt war, dann noch aus persönlichen seemännischen Beobachtungen den Gedanken gefaßt, auf einer Fahrt durch den atlantischen Ocean die Ostküste Asiens zu suchen. Im Dienste der Königin von Spanien verließ er am 3. August 1492 den Hafen von Palos und landete am 11. Oktober auf der Insel „San Salvador" (Guanahany), und kehrte nach Entdeckung einer Reihe von Bahamainseln, von Cuba und San Domingo (Hayti), wieder nach Spanien zurück, wo er am 14. März 1493 landete. In den folgenden Jahren unternahm Kolumbus zum Zwecke weiterer Entdeckungen, deren Colonisierung und Ausbeutung noch drei weitere Expeditionen nach den Antillen, an die Mündung des Orinoko und an die Küste von Venezuela bis an den Isthmus von Panama. Von hier aus kehrte er am 7. Oktober 1502 zum letzten Male nach Spanien zurück und starb daselbst am 21. Mai 1506.

Die weitere Entdeckung und Besitzergreifung des Festlandes von Amerika war anderen Männern vorbehalten. Der Andalusier Alonso de Hojeda landete am 25. Juni 1499 an der Mündung des Amazonenstromes und eröffnete von hier aus mit seinem Begleiter Amerigo Vespucci noch in demselben Jahre die Entdeckungen in Brasilien, wohin der letztere (1502—1508) zuerst in portugiesischen und zuletzt in spanischen Diensten mehrere Expeditionen unternahm. Veranlaßt durch die Bulle des Papstes Alexanders IV., nach welcher alle Entdeckungen 275 Ml. westlich von Kap verde den Spaniern, während diejenigen auf der östlichen Seite den Portugiesen zufallen sollten, folgten rasch auf einander zahlreiche Expeditionen nach verschiedenen Küstenstrichen in Süd- und Mittelamerika. Von diesen sind besonders hervorzuheben der von Balboa unternommene Uebergang über den Isthmus von Panama, durch welchen dieser am 25. September 1513 der Entdecker des stillen Oceans wurde. In den Jahren 1519 — 1521 drang Ferdinand Cortez aus Estramadura in das Innere von Mexiko, und unterwarf daselbst nach zweimaliger Belagerung der Hauptstadt des Aztekenreiches und nach Gründung der Seestadt Vera Cruz die Gebiete von Mexiko, Guatemala, Honduras und Californien. Im Süden setzten die begonnenen Entdeckungen und Kolonisationen fort Pizarro und Diego de Almagro, indem der erstere 1531

für Spanien eine Besitzung im Inkareiche (Peru) eroberte und der letztere etwas später die Stadt Cuzko in Chile gründete.

Einige Jahre früher fand nach mehreren vergeblichen Versuchen Ferdinand Magelhaens, welcher, obschon Portugiese von Geburt, im Dienste und zu Gunsten Spaniens beweisen wollte, daß die Molukken, der kostbarste Teil der indischen Entdeckungen Portugals, gemäß dem vom Papste hervorgerufenen Teilvertrage auf spanischer Seite liege, die südliche Durchfahrt zwischen Patagonien und dem Feuerlande, später die Magelhaensstraße genannt (27. Nov. 1520). Von hier aus erreichte er im März 1521 die Ladronen und die Philipinen, wo er am 27. April im Kampfe mit den Eingebornen den Tod fand. Bei der nach ihm fortgesetzten Seereise wurden Borneo, die Molukken und das Kap der guten Hoffnung berührt, worauf der kleine Ueberrest der Expedition mit der Landung in dem Hafen St. Lucar am 6. Sept. 1522 die erste Erdumseglung vollendete.

Die übrigen europäischen Seemächte, die Franzosen, Engländer und Niederländer begnügten sich zu dieser Zeit, die aus der Entdeckung neuer Landstriche erreichbaren Vorteile unter der Oberherrschaft Spaniens zu genießen.

Für die nördlich von Mexiko liegenden Landstriche von Nordamerika, wo vor den Ansiedlungen der Europäer wilde Stämme der roten Indianer herrschten, können, abgesehen von der früher erwähnten alten Ansiedlung von Normännern die beiden Venetianer Cabot (Vater und Sohn) als Entdecker gelten. Dieselben landeten am 24. Juni 1497 auf Labrador und drangen von hier aus in englischen Diensten wiederholt bis Florida vor und später im Dienste Spaniens bis zur Hudsonsbucht. Außer den Engländern begründeten in Nordamerika später auch noch die Spanier, die Franzosen und die Niederländer verschiedene Kolonieen, die jedoch in Folge der lange dauernden Kämpfe mit den seit 1613 konföderierten Colonieen nach und nach gänzlich aufgegeben werden mußten. Diese Kämpfe endigten unter der Führung des berühmten Washington am 13. Sept. 1783 mit dem Frieden zu Versailles und der Anerkennung der Unabhängigkeit der vereinigten Staaten (Union) von Nordamerika.

Die Entdeckung des 5. Weltteiles, von Australien und der oceanischen Inselwelt beginnt mit der Auffindung der Marianen durch Magelhaen am 6. März 1521. Von dieser Zeit an erweiterte sich die Kenntnis der oceanischen Inselwelt im Verlaufe des 16. und 17. Jahrhunderts durch zahlreiche Expeditionen. Obschon das eigentliche Festland von Australien schon 1606 von einem holländischen Schiffe aus beobachtet und betreten wurde, so gilt dennoch als der eigentliche Entdecker James Cook, der 1770 die ganze Ostküste von Australien befuhr und für die Engländer in Besitz nahm.

Von den in den letzten zwei Jahrhunderten unternommenen Expeditionen zur Erweiterung geographischer Kenntnisse seien nur noch diejenigen angeführt, welche entweder die Aufsuchung einer Durchfahrt im Norden von Amerika, oder die Erforschung der Nord- und Südpolarländer zur Aufgabe hatten.

John Davis segelte 1585, um eine nördliche Durchfahrt nach Indien zu finden, nach dem Norden von Amerika und fand die Davisstraße, Nordhumberlandgolf u. s. f. Heinrich Hudson kam 1607 bis zum 81° Breite und fand auf wiederholt unternommenen Expeditionen die Hudsons- und Jamesbai. Im Jahre 1741 wurde von Kapitän Behring die nach ihm benannte, Asien von Amerika scheidende Meerenge, die Behringsstraße, wieder aufgefunden, und im Jahre 1771 fand Samuel Hearne die Mündung des Kupferminen, und 1783 Alex. Mackenzie die Mündung des nach ihm benannten Flusses. Roß und Parry fanden 1818—1819 im hohon Norden Lanzestersund, die Barrowstraße, die Prinz Regens Einfahrt, die Wellington-Straße, die Martin- und Melvilinsel. Roß verfolgte mit seinem Neffen 1829—1833 die Entdeckungen Parry's und fand Boothia-Land und Golf. Auf einer Seitenexpedition fand der jüngere Roß den magnetischen Nordpol 70° 5' Br. 79° 8½' w. L. Am 15. Mai 1845 unternahm John Franklin die verhängnisvolle Expedition, auf welcher derselbe mit der ganzen Mannschaft umgekommen ist, was sich in den zur Auffindung desselben von 1854—1858 unternommenen Expeditionen vollständig bestätigte. Der Nachweis, daß Amerika eine Insel sei, und daß also eine Nordburchfahrt bestehe, wurde erst evident durch zwei gleichzeitig unternommene Expeditionen, die im Norden in entgegengesetzten Richtungen vordrangen. M. Clure erreichte von

der Behringsstraße aus 1850 Kap Parry, Kap Nelson, die Prinz Walesstraße zwischen Banks- und Prinz Alberts-Land, Kap Weel, die Mündung der Walesstraße in den Melvillsund, worauf sich dieser direkt überzeugte, daß der letztere durch die Barrowstraße in den Lancestersund führe. Nachdem Clure 1853 noch eine zweite Durchfahrt durch die Banksstraße aufgefunden hatte, kehrte er 1854 wieder nach England zurück. Von der Baffinsbai aus drang gleichzeitig die zweite Expedition vor unter Belcher, Kellet und Pullen. Eine andere Expedition drang 1853 unter Kent Kanes durch den Smithsund, Peabodybai und Kanes Polarland bis zu $82^1/_2{}^\circ$ vor.

Von den neuesten Versuchen, gegen den Nordpol vorzudringen, gehen zwei unter Petermann's und Koldewey's Leitung, 1868 und 1869, von Deutschland, und die letzte, auf welcher nach $1^1/_2$ jähriger Fahrt die von Payer und Weyprecht geführte Fregatte „Tegethoff" in einer Breite von etwa 80° zurückgelassen werden mußte, von Oesterreich-Ungarn aus. Das Ergebnis dieser Expeditionen war das Auffinden von starrem Polarinselland, das durch zahlreiche Buchten und Sunde von Spitzbergen und Nowaja Semlia abgerissen erscheint. Dasselbe wurde beobachtet bis über den 82. Breitegrad hinaus.

Dem Südpol näherte sich 1773 zuerst Cook, der bis 71° vordringend kein Festland, aber Inselgruppen vorfand. Im Jahre 1819 fand William Smith Neusüdshetland, und Kapitän Roß drang 1842 bis zur südlichen Breite von 70° 20', wo derselbe unzugängliches Südpolarland entdeckte und dem magnetischen Südpole sehr nahe kam.

III. Abschnitt.

Die Himmelskörper des Sonnen- oder Planetensystemes.

I. Die Erde ist ein Glied des Planetensystems und bewegt sich jährlich um die Sonne, die den Centralkörper bildet.

Wie in dem geschichtlichen Abrisse des I. Abschnittes gezeigt wurde, ist es Kopernikus, der die Irrthümer der alten Astronomen bezüglich der Wechselbeziehungen aller jener Himmelskörper, die nicht zu den Fixsternen zu zählen sind, durch Aufstellung seines Weltsystemes beseitigte. Seine Hypothese hat sich nicht allein durch die Entdeckungen einiger späterer Astronomen als unumstößlich erwiesen, sondern dieselbe hat auch durch genauere Beobachtung der physischen Doppel- und mehrfachen Sterne zahllose Beispiele von bestehenden Systemen gefunden, in welchen mehrere Weltkörper um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt kreisen. Bezüglich dieser Systeme liegt die Vermutung nahe, daß sich in denselben auch kleinere nicht selbst leuchtende Weltkörper bewegen, die sich bis zur Stunde der Beobachtung entzogen haben; und viele derselben, z. B. die sogenannten Nebelsterne, erscheinen selbst noch im Bildungsprozesse begriffen.

Wir wenden uns nunmehr zur Betrachtung des einzelnen Weltsystemes, in welchem wir uns befinden und zu welchem wir außer der Sonne und dem Monde noch die Planeten, Kometen u. s. f. rechnen.

Bliebe die Sonne immer an derselben Stelle des Himmels, dann würde sie auch täglich an derselben Stelle auf- und untergehen und in der gleichen Höhe kulminieren. Nun zeigt es sich aber schon bei oberflächlicher, regelmäßig wiederholter Beobachtung, daß dieselbe sowohl die Stelle des Auf- und Untergangs im Horizont, als auch den Stand im Fixsternhimmel, das ist ihre astronomische Position, in Deklination und Rektascension stetig verändert, und zwar in Perioden von der Dauer eines Jahres.

Die Veränderungen in der Deklination erkennen wir aus der periodischen Zu- und Abnahme der Kulminationshöhen der Sonne. Die Zunahme findet im Winter und Frühling statt, die Abnahme im Sommer und Herbste. Die Veränderungen in Rektascensionen beobachten wir am Fixsternhimmel und zwar entweder unmittelbar nach Sonnenuntergang oder später zu einer bestimmten Stunde der Nacht durch Beobachtung der mittleren Sonnenzeit bei der Kulmination eines beliebigen Fixsternes, die von Tag zu Tag um etwa 4 Mt. zurückgeht. Außerdem beobachten wir am 1. April unmittelbar nach Sonnenuntergang, derselben in kurzer Zeit folgend, die Sternbilder des Widders und des Stieres, am 1. Mai Stier und Zwillinge, am 1. Juni Zwillinge und Krebs u. s. f.

Beobachten wir jedesmal zwischen 9 und 10 h abends die kulminierenden Sternbilder, so finden wir

um den 1. April den großen und kleinen Löwen,

„ „ 1. Mai den großen Bären, Berenice und das Bild der Jungfrau u. s. f. wie im Abschnitte I. D gezeigt ist.

Hiernach bewegt sich die Sonne von W über S nach O in der sichtbaren Hemisphäre des Himmels vorwärts, jeden Tag annähernd 1°, so daß dieselbe jeden folgenden Tag um etwa 4 Minuten und jeden Monat um 2 Stunden später aufgeht als ein Fixstern, der sich früher in der Nähe der Sonne befand, und daß also umgekehrt der Aufgang solcher Fixsterne um ebenso viel früher erfolgt.

Daß die Ekliptik nahezu ein größter Kreis ist, erkennen wir vorzugsweise dadurch, daß die beiden Aequinoktien ziemlich genau 180° des Aequators von einander abstehen, und daß die Solstitial-Punkte gleichweit vom Aequator entfernt liegen, der eine über und der andere unter dem Aequator. Da außerdem die genannten vier Punkte in einer Ebene liegen, welche den Aequator halbiert, so erscheint die Ekliptik als ein größter Kreis der Himmelskugel. Die

Deklination der Solstitien gibt zugleich auch die Neigung derselben zum Aequator oder die Ekliptikschiefe. Die Größe der letzteren ist durch den Einfluß der veränderlichen Gesammtwirkung der Planeten auf die Erde veränderlich und zwar in beiläufig 30000 jährigen Perioden zwischen den Grenzwerthen 22° 54′ und 25° 21′. Gegenwärtig beträgt dieselbe 23° 27′ 57″.

Diese hat ihren Grund in dem Umstande, daß die Erdachse nicht senkrecht zur Ebene der Ekliptik ist. Wäre dieses der Fall, so hätten die Bewohner der Erde für alle Zeiten eine der geopraphischen Ortslage entsprechende unveränderliche Tag- und Nachtlänge, und es wäre daher der Wechsel der Jahreszeiten unmöglich. Dieser Wechsel und die damit zusammenhängende periodische Veränderung der Dauer des Tages und der Nacht wird aber veranlaßt durch die für sich unveränderliche Stellung der Erdachse schief zum Aequator unter einem Winkel, der zu der Schiefe der Ekliptik komplementär ist.

Die Zeit, in welcher die Sonne die Bahn der Ekliptik durchläuft, bezeichnen wir im allgemeinen mit Jahr. Wir unterscheiden:

1. das tropische Sonnenjahr d. i. die Zeit, nach welcher die Sonne wieder den Frühlingspunkt erreicht. Dasselbe wird als Kalenderjahr angenommen und beträgt 365 d 5 h 48 m 50 s.

2. das siderische Jahr mit einer Dauer von 365 d 6 h 8 m 38 s d. i. die Zeit, nach welcher die Sonne immer wieder den Deklinationskreis eines Fixsternes erreicht. Diese Zeitperiode ist wegen des Vorrückens der Nachtgleichen von O nach W, welche Präcession genannt wird, etwas länger als das tropische Sonnenjahr.

3. das anomalistische Jahr in Beziehung auf den Ort des Periheliums, das jährlich 11,8″ gegen O vorrückt. Dasselbe hat eine Dauer von 365 d 6 h 13 m 58 s.

Die Kugelzone von etwa 10° Breite, in welcher die zwölf Sternbilder der Ekliptik sich aneinander reihen, heißt Thierkreis oder Zodiakus.

Die jährliche Bewegung der Sonne in der Ekliptik ist nur scheinbar und ist die Wirkung der in derselben Richtung stattfindenden Bewegung der Erde um die Sonne.

Gründe für diese Annahme sind:

1. die Aehnlichkeit der Erde mit den Planeten in verschiedenen Beziehungen, und die durch genaue Beobachtungen erkannte Thatsache, daß sich auch die Planeten um die Sonne bewegen.

2. aus der Wahrscheinlichkeit, daß der an Größe so sehr hervorragende Sonnenkörper den Sitz der bewegenden Kraft bildet und demgemäß der kleinere Körper um den größeren kreist und nicht umgekehrt.

3. die Newton'sche Gravitations- und die Laplace'sche Weltbildungs-Theorie, letztere experimentell dargestellt von Plateau. Nach dieser Theorie entstanden die Körper des Planetensystemes aus der durch einen excentrischen Stoß in Rotation versetzten Sonnenatmossphäre nach Absonderung eines Ringes am Aequator. Aus diesem trennten sich die Teile, die unter Einwirkung der Gravitation die Kugelgestalt annahmen, unter Beibehaltung einer rollenden Bewegung um sich selbst und zwar in der Richtung, in welcher ursprünglich die Sonnen-Atmosphäre rotierte. Diese Bewegung erklärt sich aus dem Ueberschusse an Geschwindigkeit der vom Mittelpunkte der Bewegung entfernteren Punkte.

4. durch Nachweisung einer jährlichen parallaktischen Bewegung. Beschreibt die Erde um die Sonne einen Kreis, so muß jeder Himmelskörper, wenn er nicht in der äußersten Grenze der Himmelssphäre sich befindet, von der Erde aus betrachtet, scheinbar am Himmel eine entgegengesetzte Bewegung erhalten, die sich bei Gestirnen in der Ekliptik nur in der Länge, außerhalb derselben aber auch in der Breite bemerkbar macht, so daß also mehr oder weniger gedrückte Ellipsen zum Vorschein kommen. (Fig. 11.)

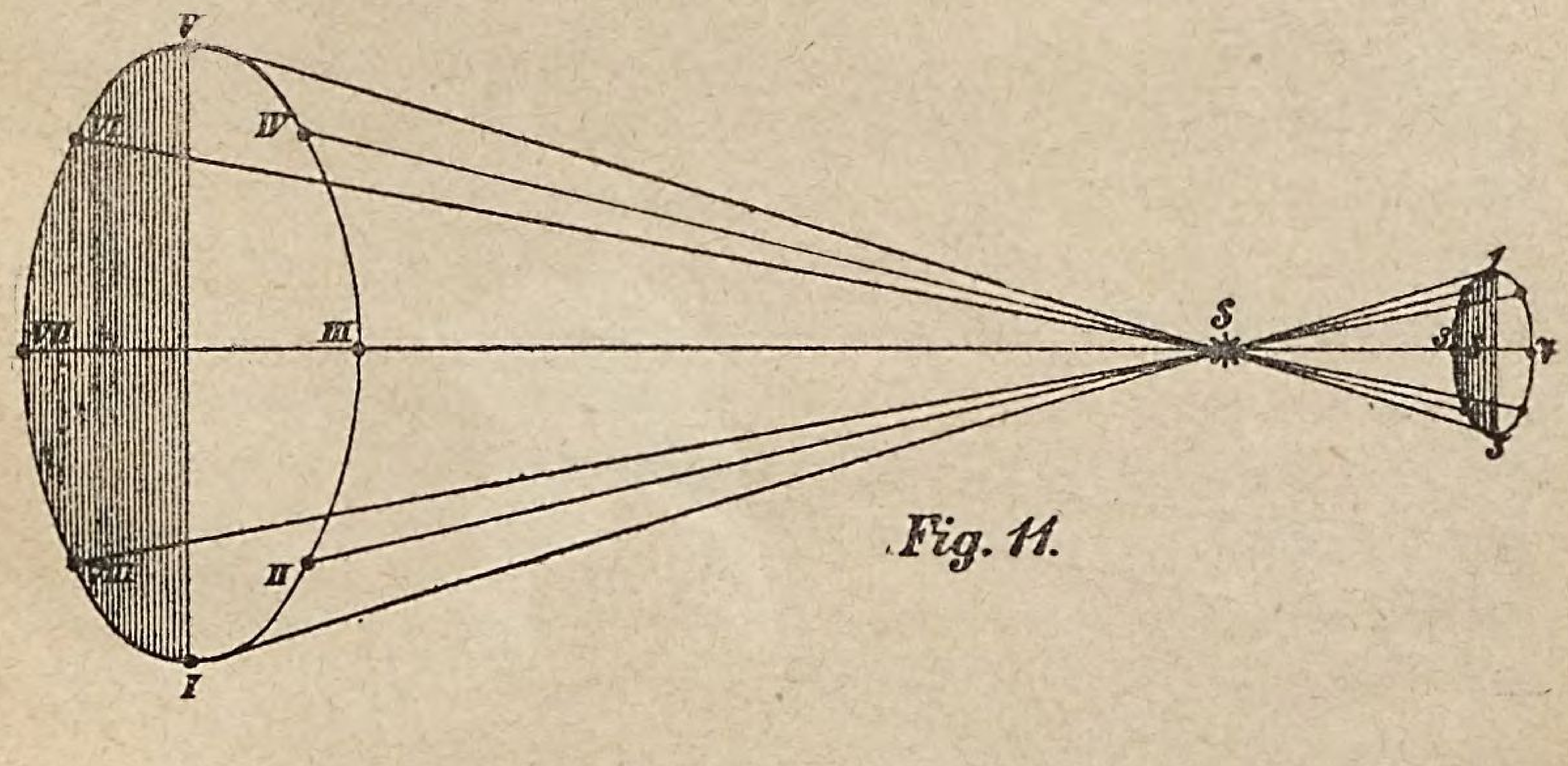


Fig. 11.

Diese Parallaxe ist bei der ungeheuren Entfernung der Fixsterne für die meisten derselben verschwindend klein und konnte annähernd nur von wenigen bis zum Maximum einer Sekunde im Durchmesser bestimmt werden.

Dagegen gibt die Größe der jährlichen Parallaxe der Planeten einen hinlänglichen Beweis für die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne. Diese letztere beträgt für Jupiter im Mittel 11° 19′.

5. Die Aberration der Fixsterne, die auf einer Kombination von zwei Bewegungen beruht, der Fortpflanzungsbewegung des Lichtes und der Bewegung der Erde. Diese Bewegung wurde 1726 von Bradley entdeckt, indem derselbe die Eigenbewegung der Erde durch Beobachtung einer Fixsternparallaxe nachweisen wollte.

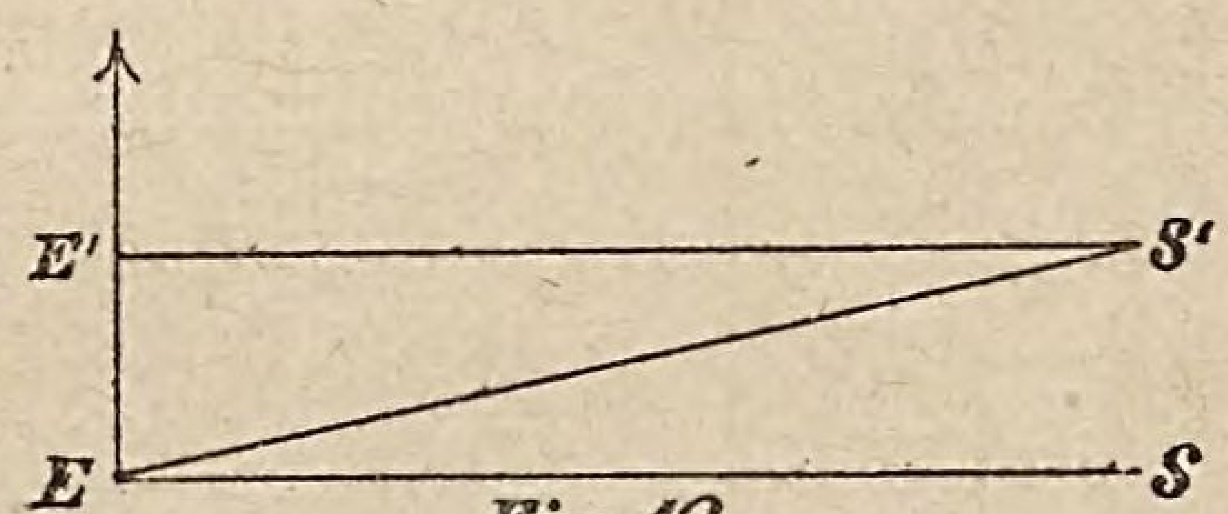


Fig. 12.

Zur Erklärung dieser Erscheinung sei (Fig. 12) E die Erde und S die Sonne. Wird die Erde als still stehend angenommen, so wird ein Auge in E einen Lichtstrahl SE in seiner wahren Richtung erblicken. Wenn sich aber die Erde von E nach É bewegt, während der Lichtstrahl die Strecke SE zurücklegt, so wird der Strahl scheinbar die Richtung ES′ annehmen und daher um den Winkel SES′ abgelenkt erscheinen, und zwar gegen die Richtung hin, in welcher die Erde sich bewegt. Die Aberration der Fixsterne zeigt sich als eine periodische Bewegung derselben, in der Richtung der Bewegung der Erde. Diese Bewegung beträgt in Länge 40″ und in Breite zwischen 0″ und 40″, je nachdem das

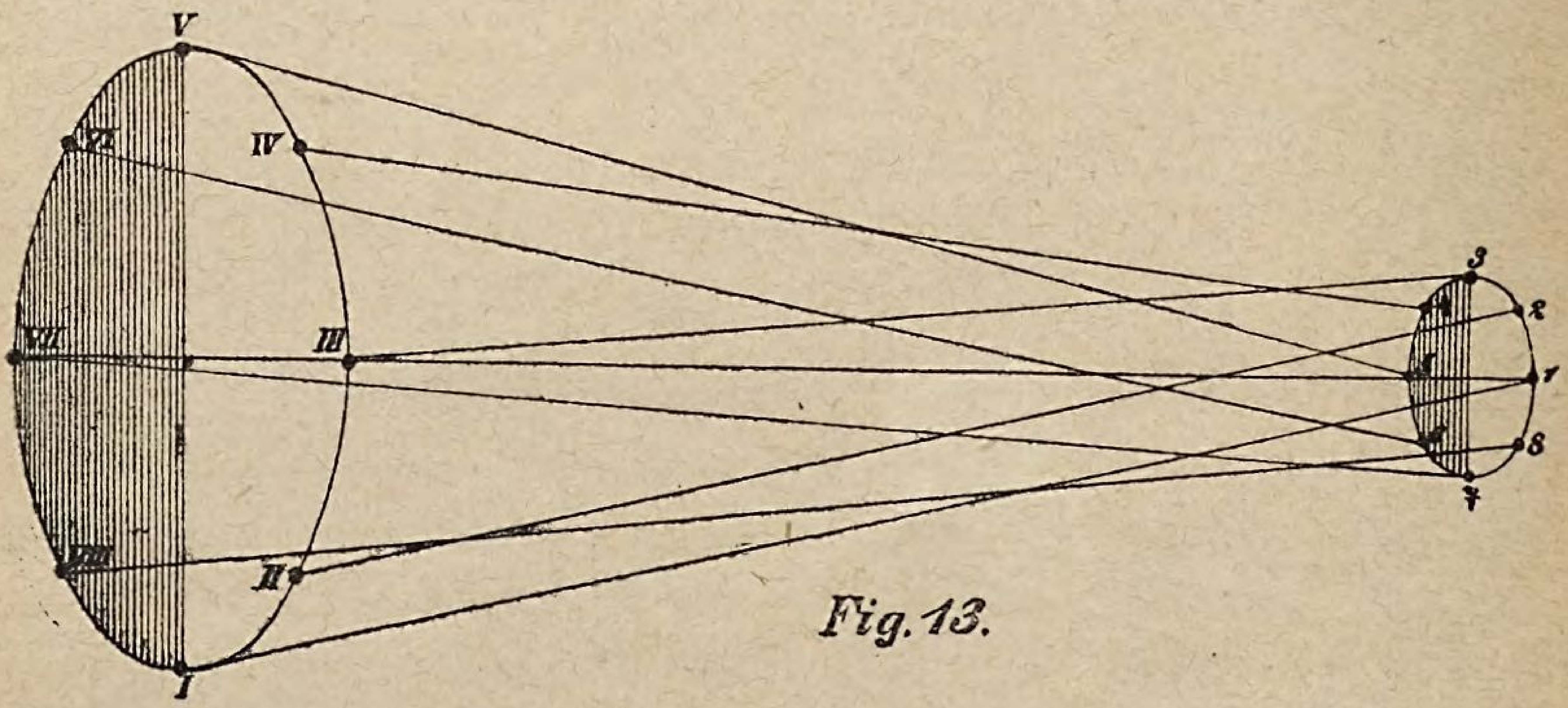


Fig. 13.

beobachtete Gestirn eine kleinere oder größere astronomische Breite hat. Fig. 13. zeigt die jährliche Aberrrationsbewegung eines Sternes s. Aus Bradley's Aberrationsbeobachtungen berechnet sich die Geschwindigkeit des Sonnenlichtes auf 41994 geogr. Meilen und die Zeit für die Bewegung desselben von der Sonne zur Erde auf 8 m 12 s.

Die Maximalwirkungen der Parallaxe und der Aberration sind in der nachfolgenden Tabelle, worin + m und — m beziehungsweise das positive und das negative Maximum bezeichnet, angegeben.

Stand der Erde	Fig. 11 u. 13	Parallaxe in Länge	Parallaxe in Breite	Aberration in Länge	Aberration in Breite
Frühlingsäquinoktium	I	+ m	o	o	+ m
Sommersolstitium	III	o	— m	+ m	o
Herbstäquinoktium	V	— m	o	o	— m
Wintersolstitium	VII	o	+ m	— m	o

Aus der Veränderlichkeit des scheinbaren Sonnendurchmessers wurde schon in den ältesten Zeiten der Schluß gezogen, daß sich die Sonne in einem excentrischen Kreise um die Erde bewege.

Auch das kopernikanische System, welches die Erde um die Sonne sich bewegen läßt, erklärt im allgemeinen diese Erscheinung; vollkommen befriedigend ist erst die Erklärung, welche Keplers zweites Grundgesetz der Planetenbewegungen bietet. Nach diesem Gesetze bildet aber die Erdbahn eine Ellipse, in deren einem Brennpunkt die Sonne sich befindet. Die Punkte der größten und kleinsten Entfernung der Erde von der Sonne heißen Aphelium und Perihelium, die Verbindungslinie zwischen beiden heißt die Apsidenlinie (ἅψις). Die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne beträgt 20658000 Ml.

Wäre die Erdachse senkrecht zur Ekliptik, fiele also der Aequator mit der Ekliptik zusammen, so hätten die Bewohner der Erde für alle Zeiten eine der geographischen Ortslage entsprechende unveränderliche Tag- und Nachtlänge, und es wäre daher der

Wechsel der Jahreszeiten unmöglich. Da nun dies nicht der Fall, und die genannte Achse sich selbst parallel bleibend unter einem schiefen Winkel zur Ekliptik geneigt ist, so erklären sich daraus a) die auf der Erde in Raum und Zeit ungleichmäßig verteilte Beleuchtung und Erwärmung, b) der Wechsel der Jahreszeiten, c) die veränderlichen Kulminationshöhen der Sonne unter verschiedenen Breiten und die davon abhängige Tagesdauer.

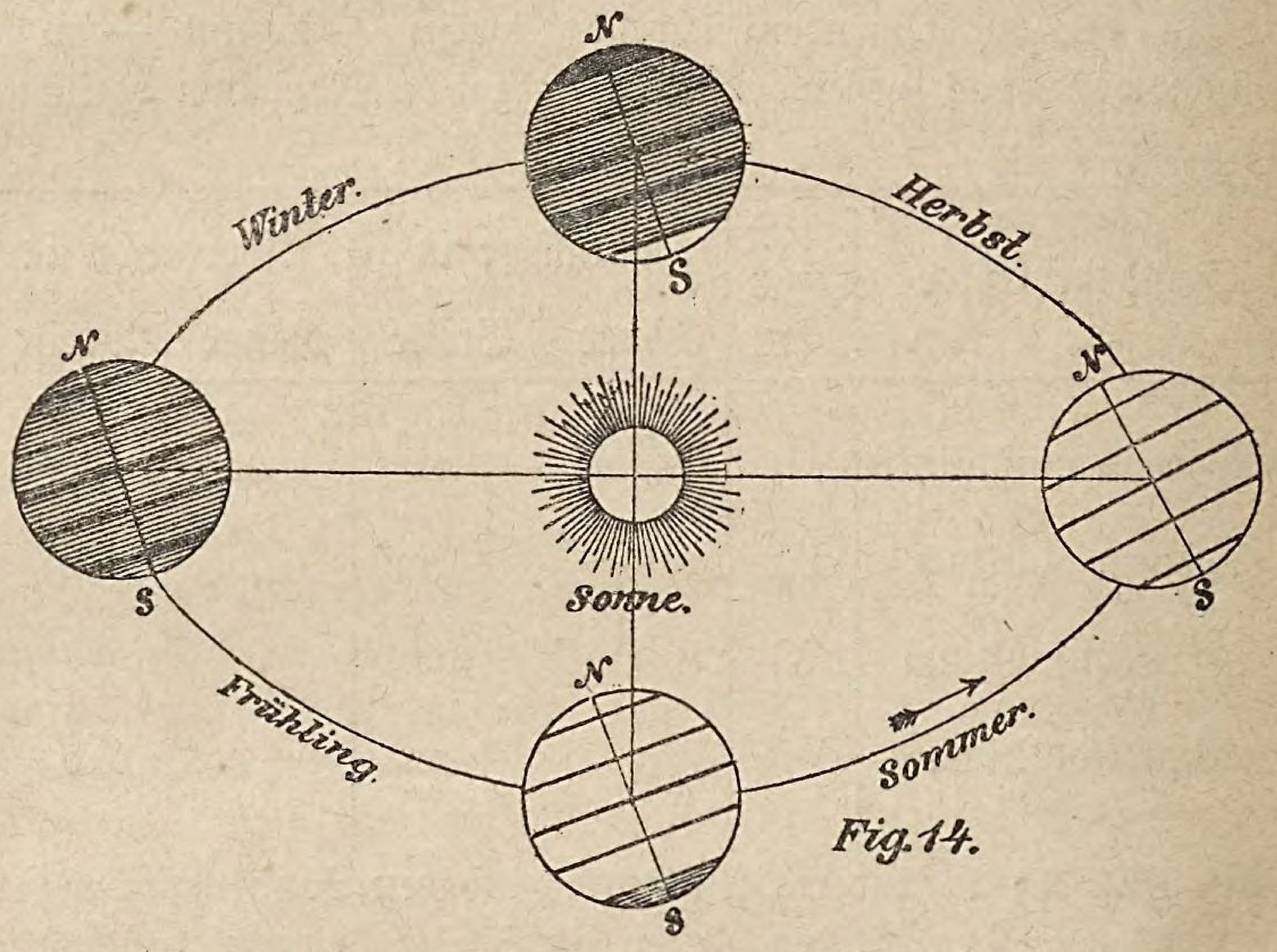


Fig. 14.

Fig. 14. veranschaulicht diese thatsächlichen Erscheinungen in ihrem Verlaufe während der vier Jahreszeiten:

Frühling,	Beginn	am	20. März,
Sommer	"	"	21. Juni,
Herbst	"	"	22. September,
Winter	"	"	21. Dezember.

In Folge genauer nach längeren Zeitabschnitten wiederholt angestellter Beobachtungen verändert der Frühlingspunkt fortwährend seine Lage, indem er von O gegen W vorrückt, jährlich 50,23″, was in etwa 25000 Jahren einen vollständigen Umlauf gibt. Vor ungefähr 2000 Jahren war der Frühlingspunkt im Sternbilde des Widders, während derselbe zur Zeit in dem westlichen Ende der Fische sich befindet. Man nennt diese Erscheinung das Vorrücken der Nachtgleichen oder Präcession, und den genannten Zeitraum das große platonische Weltjahr. In ähnlicher

Weise verändert sich auch die Position der Apsidenlinie, die in der Richtung von W nach O gleichmäßig vorrückt.

Die Präcession erzeugt periodische Aenderungen in Rektascension, Deklination und astronomischer Länge der Fixsterne, doch ist eine solche in der Breite kaum nachweisbar. In dem obengenannten Zeitraume beschreiben die Weltpole einen Kreis am Himmel, eine Bewegung, die mit einer zweiten verbunden ist, indem die Erdachse in Perioden von etwa 18$^1/_2$ Jahren Dauer um ihre mittlere Stellung rotiert. Dieses Schwanken der Erdachse bezeichnen wir mit Nutation, welche sich sowie auch die Präcession der Nachtgleichen aus der anziehenden Kraft des Mondes und der Sonne auf die ungleichmäßig ausgebildete Kugelform der Erde erklärt. Die Weltpole beschreiben demnach in dem Zeitraume von 25000 Jahren einen Kreis und zwar in elliptischen Epizyklen. Diese Doppelbewegung kann veranschaulicht werden durch einen rotierenden Kreisel.

Außerdem beobachtet man noch mehr oder weniger regelmäßige Störungen oder Perturbationen im Laufe der Erde und der Planeten überhaupt, die ihren Grund haben in der Veränderung der Planeten-Konstellationen und der davon abhängigen Anziehungskräfte. Der genauen Beobachtung einer solchen Störung an dem Planeten Uranus verdanken wir die auf theoretischem Wege gelungene Auffindung des Planeten Neptun von Seite des Astronomen Levierrer.

M. Der Mond und seine Bewegung als Trabant der Erde.

Der Mond beschreibt wie die Sonne einen größten Kreis am Himmel, indem er in der sichtbaren Hemisphäre täglich etwa 13° von W gegen O vorrückt, und in Folge dessen jeden Tag nahezu 50 Minuten später aufgeht als den Tag vorher.

Als größter Kreis halbiert die Bahn des Mondes den Aequator und die Ekliptik und ist zu der letzteren unter einem Winkel von 5° 9′ geneigt. Die Durchschnitte der Mondbahn mit der Ekliptik heißen aufsteigender und absteigender Knoten (☊ und ☋), auch Drachenkopf und Drachenschwanz.

Die auffallendsten Erscheinungen des Mondes sind die periodischen Phasen, in welchen er sich uns zeigt. Dieselben beweisen

die Thatsache, daß der Mond nicht ein eigenes Licht besitzt, sondern dasselbe ausschließlich der Sonne verdankt. Fig. 15. zeigt die durch die Konstellationen mit Erde und Sonne entstehenden Phasen des Mondes.

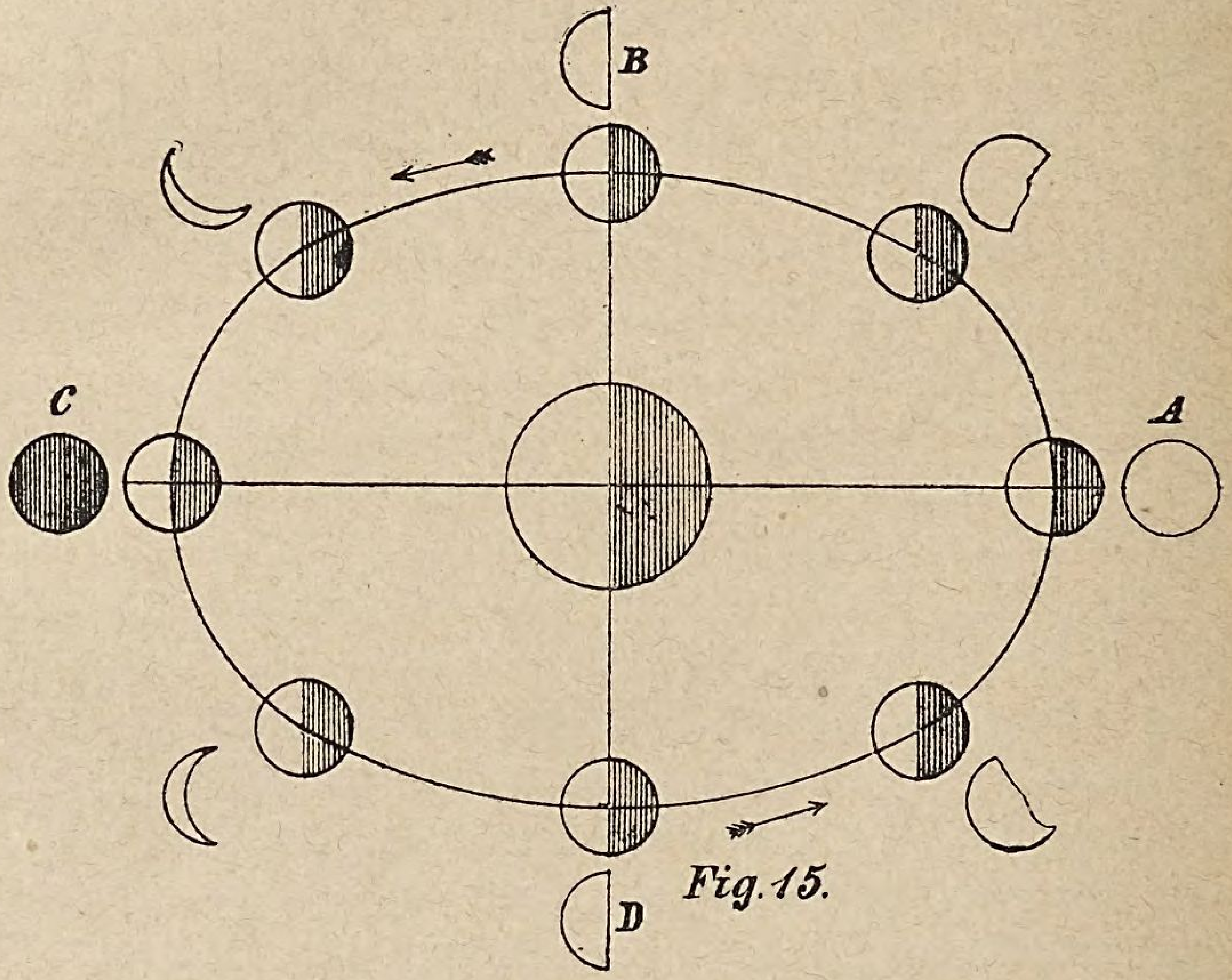


Fig. 15.

Wenn der Mond in Rektascension der Sonne entgegengesetzt ist, so erscheint er in seiner vollen Lichtscheibe, Vollmond (A), der zur Zeit des Sonnenunterganges aufgeht. Die folgenden Tage verzögert sich der Aufgang des Mondes, während sein Licht westlich (rechts) mehr und mehr abnimmt, bis er etwa nach 7 Tagen als halbbeleuchtete Scheibe nach Mitternacht sichtbar ist, letztes Viertel (B).

Die folgenden 7 Tage nähert sich der Mond in seinem Laufe der Sonne und verschwindet, wenn er mit derselben gleiche Rektascension erreicht hat, (Neumond (C). Hierauf erscheint der Mond, gegen Osten sich mehr und mehr von der Sonne entfernend, als eine von rechts beleuchtete schon vor Sonnenuntergang sichtbare Sichel, die nach einer weiteren Woche in die Phase des ersten Viertels (D) übergeht und nach 7 Tagen wieder zum Vollmonde wird, worauf die angegebenen Phasen in derselben Ordnung wiederkehren.

Die Konstellationen oder die von dem Erdmittelpunkte aus an Sonne und Mond gemessenen Unterschiede in Rektascension zur Zeit der vier wichtigsten Mondphasen erhalten folgende Bezeichnungen:

Opposition (☍) zur Zeit des Vollmondes bei einem Abstande von 180°.

Quadratur (□) zur Zeit des letzten und ersten Viertels bei den Abständen von je 90° östlich oder westlich von der Sonne.

Konjunktion (☌) zur Zeit des Neumondes, wenn beide Himmelskörper in demselben Deklinationskreise stehen.

Außerdem sind noch die Hexagon- und Trigonalstellung (✶ und △) hervorzuheben, bei Abständen von bezüglich 60° und 120°. Diese Konstellationen werden auch bei der Beobachtung der Planeten der Sonne gegenüber unterschieden.

Der Mond ist ein Nebenplanet oder Satellit der Erde und bewegt sich in einer Ellipse, in deren einem Brennpunkte die Erde sich befindet, und zugleich mit dieser um die Sonne.

Daß der Mond ein Nebenplanet der Erde ist, folgt einfach aus der direkten Beobachtung seiner scheinbaren Bewegung und seiner Lichtphasen. Die letzteren erklären sich auch sofort, wenn man annimmt, daß der Mond sein von der Sonne erhaltenes Licht reflektiere. Auch in den alten Systemen gelten diese Annahmen, nur mit dem Unterschiede, daß das von Kepler vervollkommnete neue kopernikanische System an die Stelle der Epicykelbahn und des excentrischen Kreises die Ellipse setzt. Bemerkenswert ist für die Beurteilung der Bewegung des Mondes die Thatsache, daß derselbe der Erde fortwährend dieselbe Fläche zuwendet. Es weist diese Erscheinung zunächst darauf hin, daß der Mond eine der Umlaufszeit gleich große Rotationszeit habe. Die kleinen periodischen Schwankungen, bei welchen beiderseits Teile von der Mondoberfläche sichtbar werden und wieder verschwinden, nennt man die Libration. Dieselbe beträgt zwischen 5 und 7°, und erklärt sich teils aus den veränderlichen Abständen des Mondes von der Erde in Folge der elliptischen Gestalt der Mondbahn, teils auch aus dem Umstande, daß diese nicht mit der Ebene der Ekliptik zusammenfällt.

Wir unterscheiden also auch hier eine Erdnähe oder Perigäum und Erdferne oder Apogäum. Die mittlere Entfernung beträgt 51812,8 Meilen und der Halbmesser 234 Ml.

Die Zeit eines Mondumlaufes bezeichnen wir im allgemeinen mit Monat. Mit Rücksicht auf verschiedene Elemente der Mondbahn unterscheiden wir:

1. den synodischen Monat = 29 d 12 h 44 m, die Zeit von einem Neumond bis zu dem nächsten. Dieser Monat ist länger als der folgende, weil die Sonne in der Zeit eines Monats etwa 30° am Himmel vorrückt, eine Strecke, zu welcher der Mond etwa $2^1/_4$ Tagen braucht, um sie zu durchlaufen.

2. Den siderischen Monat = 27 d 7 h 43 m, die Zeit von einem Durchgange des Mondes durch einen Deklinationskreis bis zum nächsten.

3. Den tropischen Monat, um 6,84 s kürzer als der letzte, die Zeit von einem Durchgange des Mondes durch den Frühlingspunkt bis zum nächsten.

4. Den Drachenmonat = 27 d 5 h 6 m, die Zeit von einem aufsteigenden Durchgange des Mondes durch die Ekliptik bis zum nächsten.

5. Den anomalistischen Monat, dessen Dauer 27 d 13 h 18 m beträgt, die Zeit von einem Perigäum bis zum nächsten.

Der Unterschied der drei letzten Zeitabschnitte beruht darauf, daß der Frühlingspunkt weniger und der aufsteigende Knoten des Mondes mehr gegen Westen vorrückt, während das Perigäum in ähnlicher Weise wie das Perihelium gegen Osten zurück weicht.

N. Die Planeten und die übrigen Bestandteile des Sonnensystemes.

Die Planeten unterscheiden sich von den Fixsternen durch die nachfolgenden ihnen allein eigentümlichen Erscheinungen:

1. Sie bewegen sich mehr oder weniger regelmäßig von W gegen O am Himmel, nur ausnahmsweise bleiben sie entweder stationär oder bewegen sich auf kürzere Dauer in der entgegengesetzten Richtung. Ihre Bewegung heißt im ersten Falle recht- und im letzten Falle rückläufig.

2. Sie bewegen sich von der Erde aus betrachtet mit Ausnahme der sogenannten inneren Planeten in nahezu größten Kreisen, die nur wenig von der Ekliptik und dem Tierkreise abweichen.

Die Durchschnitte der Bahnen mit der Ekliptik heißen wie beim Monde auf- und absteigende Knoten.

3. Sie sind ihrer scheinbaren Größe nach veränderlich und erscheinen durch Fernrohre betrachtet als kreisrunde, meßbare, mattschimmerde Scheibchen, während die Fixsterne immer mehr oder weniger funkelnde Lichtpunkte bilden. Die beiden der Sonne am nächsten sich bewegenden Planeten Merkur und Venus zeigen auch den Wechsel von Phasen und rechtfertigen dadurch die Annahme, daß sie an sich dunkle Körper sind und ihr Licht der Sonne verdanken.

Diese eigentümlichen Erscheinungen und Beziehungen der Planeten zur Sonne brachten schon den ältesten Astronomen die Ueberzeugung bei, daß dieselben mit der Sonne, dem Monde und der Erde zu einem Systeme gehören, das wir Sonnen- oder Planetensystem nennen. In dieser Beziehung stimmen auch die alten Systeme der griechischen Philosophen mit dem nunmehr als unumstößlich geltenden kopernikanischen Weltsysteme überein, und unterscheiden sich nur dadurch von demselben, daß sie der Erde einen Rang und eine Stelle in demselben anweisen, die nur dem in jeder Beziehung so hervorragenden Sonnenkörper gebührt.

Das System des Kopernikus ließ noch mancherlei Erscheinungen im Planetensysteme unerklärt, namentlich die ungleichförmige Bewegung. Dieses gelang erst Kepler durch die Entdeckung seiner drei berühmten Gesetze und Galilei durch Anwendung der kurz vor seiner Wirksamkeit erfundenen Fernrohre. Die Grundgesetze der Kepler'schen Entdeckung lauten in chronologischer Reihenfolge angeführt:

1. Die Geschwindigkeit, mit welcher ein Planet in seiner Bahn fortschreitet, ist von der Art, daß der Brenn- oder Leitstrahl (radius vector), den man sich von der Sonne zum Planeten gezogen denkt, in gleichen Zeiten gleiche Flächen beschreibt.

2. Die Planeten bewegen sich in Ellipsen um die Sonne, die sich in einem Brennpunkte befindet.

3. Die Quadrate der Umlaufszeiten verschiedener Planeten verhalten sich wie die Würfel ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne.

Der Lauf eines Planeten wird seit Kepler als hinreichend

bekannt angenommen, wenn die nachbenannten 6 Elemente gefunden sind:

1. die halbe große Achse,
2. die Excentricität,
3. die Epoche, oder der Ort des Planeten in einem gegebenen Augenblicke,
4. die Umlaufszeit oder die mittlere Geschwindigkeit,
5. die Länge des aufsteigenden Knotens,
6. die Neigung der Bahn.

Die Anzahl der 5 alten Planeten wurde seit Herschel durch weitere Entdeckungen bis auf mehr als 200 vermehrt. So wurden zwischen Mars und Jupiter bis zur Stunde 201 kleine Planeten oder Planetoiden aufgefunden, und durch Entdeckung des Uranus durch Herschel (1781) und des Neptun durch Leverrier (1846) diejenigen Glieder des Sonnensystemes erkannt, welche gegenwärtig als die äußersten gelten.

Außer Sonne, Mond und Planeten gehören noch zum Sonnensystem die nachbenannten kosmischen Körper:

1. Die Kometen, die sich vorzugsweise durch ihr plötzliches Erscheinen am Himmel, dann durch ihre eigentümlichen Gestaltungen und Lichterscheinungen und durch die enorme Geschwindigkeit, mit der sie sich am Himmel regellos zu bewegen scheinen, auszeichnen. Als optische Bestandteile unterscheiden wir den Kern, den hellsten Bestandteil des Kometen, aus welchem sich auf der der Sonne zugekehrten Seite teils ring- teils büschelförmige Lichtausströmungen bemerkbar machen. Diese geben den früher mit Nebelhülle bezeichneten Bestandteil, der sich auf der von der Sonne abgekehrten Seite zu einem schwach schimmernden Schweif ausbildet. Aus dem Umstande, daß man durch die anscheinend dichtesten Bestandteile der Kometen das Licht der Fixsterne ungebrochen beobachten kann, schließt man, daß die Masse derselben nicht gasförmig sei, sondern aus staubartigen, durch leere Zwischenräume getrennten Molekularteilchen bestehe, die durch elektrische Kräfte in Bewegung gesetzt werden. Die bekannten Kometen, deren etwa 10 innerhalb der Uranusbahn vollständig berechnet sind, bewegen sich in langgestreckten, mehrfach von der Parabel kaum mehr unterscheidbaren Ellipsen

um die Sonne, welcher sie im Perihel sehr nahe stehen. In dieser Stellung sind sie auch der Erde ziemlich nahe, und es erklärt sich daraus ihre ungewöhnliche scheinbare Größe und Geschwindigkeit.

2. Das Tierkreis- oder Zodiakallicht, das sich erklären läßt als einen Lichtreflex in dem noch bestehenden Reste der Sonnenatmosphäre, der seit der Absonderung der Planeten von derselben etwa in der Form eines bis zur Bahn der Venus reichenden Nebelringes die Sonne umgibt. Dieses Licht erscheint einige Stunden vor dem Aufgang oder nach dem Untergang der Sonne in einem zart glänzenden Lichtkegel, dessen Basis der Sonne zugekehrt ist, und wird wegen seiner brillanten und häufigen Erscheinung mit Recht ein beständiger Schmuck der Tropennächte genannt.

3. Die Sternschnuppen, Feuerkugeln und Meteorsteine. Die ersteren erscheinen vorzugsweise in zwei jährlichen Perioden als Schwärme von Meteorasteroiden, die zur Hypothese geführt haben, daß diese elastisch flüssigen kosmischen Körper einen Ring um die Sonne bilden, durch welchen die Erde zweimal des Jahres (am 9.—13. August und am 12.—14. November) hindurch geht. In der neuesten Zeit wurden auch periodische Sternschnuppenfälle aus verschiedenen Radiationsmittelpunkten beinahe in allen Monaten des Jahres nachgewiesen. Die genauer beobachteten Fälle kommen aus einer Höhe von 4—30 Meilen. Die Feuerkugeln und Meteorsteine werden gewöhnlich als identische, nur durch die optischen Wirkungen unterscheidbare Erscheinungen betrachtet. Die Hauptmasse der Meteorsteine bildet das sogenannte Meteoreisen, verbunden mit krystallinischen verschiedenartigen Mineralsubstanzen, und es wird angenommen, daß dasselbe bei dem raschen Falle durch die Reibung in der Luft zum Glühen komme und die Feuererscheinung hervorrufe.

Die nachfolgenden Tafeln enthalten die wichtigsten Planeten des Sonnensystemes, und die berechneten Kometen innerhalb der Uranusbahn mit Angabe der Größen, der Entfernungen von der Sonne und sonstiger bemerkenswerter Bahnelemente.

Tafel der bekanntesten

Namen	Astronomische Zeichen	Halbmesser in Meilen	Mittlere Entfernung in Mill. Ml.	Excentricität
Sonne[1])	☉	96350	—	—
Planeten:				
1. Merkur	☿	335	8,0	0,205
2. Venus	♀	847	15,0	0,006
3. Erde	♁	859,5	20,7	0,017
Mond	☾	234	51800 Ml. von der Erde	0,055
4. Mars	♂	446	31,5	0,093
5. Planetoiden[2]) (Pallas)	n	73 (?)	55,2	0,239
6. Jupiter	♃	9647	107,5	0,048
7. Saturnus	♄	7754	197,3	0,056
8. Uranus	♅	3750	396,7	0,047
9. Neptun	♆	3915	621,2	0,009

1) Zur Veranschaulichung der Größen- und Entfernungsverhältnisse der Körper des Sonnensystemes geben wir der Sonne die Größe eines Globus, dessen Halbmesser = 1′, und konstruieren hieraus das verjüngte System, indem wir etwa 1000 Ml. = 1‴ setzen. Es erscheinen sodann die Planetoiden als Hirsenkörner, die Planeten Merkur, Mond und Mars als Pulverkörner, Erde und Venus als Bleischrote, Jupiter und Saturn in der Größe von kleinen Aepfeln und Uranus und Neptun in der Größe von Kirschen. Die Abstände, in denen sich die genannten Körper um den Globus bewegen, sind dann für ☿ 80′, ♀ 140′, ♁ 200 und davon 1/2′ entfernt der Mond, ♂ 320′, für die Planetoiden im Mittel 560′, ♃ 1040′, ♄ 2000′, ♅ 3920′ und ♆ 7760′. Dieses verjüngte System würde also einen Umkreis bilden, dessen Durchmesser etwas mehr als 1/2 Meile betrüge.

Bemerkenswert ist das sogenannte „Gesetz der Abstände" von Titius, nach welchem die Abstände der Planeten den nachfolgenden Verhältniszahlen entsprechen:

Merkur	8	= 8	Millionen Meilen,
Venus	8 + 1 . 6	= 14	„ „
Erde	8 + 2 . 6	= 20	„ „
Mars	8 + 4 . 6	= 32	„ „
Planetoiden	8 + 8 . 6	= 56	„ „
Jupiter	8 + 16 . 6	= 104	„ „
Saturnus	8 + 32 . 6	= 200	„ „
Uranus	8 + 64 . 6	= 392	„ „
Neptun	8 + 128 . 6	= 776	„ „

Planeten und Satelliten.

Zeit der Revolution	Zeit der Rotation	Neigung der Bahn	Masse Erde = 1.	Satelliten und Ringe
—	$25\frac{1}{2}$ d	$7\frac{1}{2}°$ (Aequat.)	359551	Centralkörper
87 d 23 h	24 h 5 m	7° 0′	0,07	1 (?) — Satellit
224 d 17 h	23 h 21 m	3° 23′	0,89	1 (?) —
365 d 6 h	23 h 56 m	23° 28′ zum Aequat.	1,0	Mond als Satellit
27d 7h 43m	27d 7h 43m	5° 9′	0,012	—
1 J. 322 d	24 h 37 m	1° 51′	0,13	2 (?) — Satelliten
4 J. 226 d	—	34° 37′	—	—
11 J. 315 d	9 h 55 m	1° 19′	340	4 Satelliten,
29 J. 167 d	10 h 29 m	2° 30′	102	8 Sat. u. 3 Ringe,
84 J. 6 d		0° 46′	14,5	8 (?) Satelliten,
164 J. 226 d		1° 47′	24,5	2 Sat. u. 1 Ring.

Tafel der genauer berechneten Kometen. [3])

Namen	Entfernung im Aphelium	Excentricität	Zeit der Revolution	Neigung der Bahn
1. Enke	4,09	0,847	3,3 Jahre	13° 9
2. de Vico	5,02	0.617	5,5 „	2° 55
3. Brorsen	5,64	0,793	5,6 „	30° 56
4. d'Arrest	5,93	0,660	6,4 „	13° 56
5. Biela	6,19	0,757	6,6 „	12° 35
6. Faye	6,44	0,566	7,4 „	11° 23

---

2) Die bei den Planetoiden angegebenen Zahlen beziehen sich auf den größten derselben, die Pallas.

3) Außer den angegebenen Kometen, deren Bahnen alle von der Bahn des Uranus eingeschlossen werden, ist noch eine größere Anzahl (700 ?) beobachtet und teilweise berechnet worden, z. B. der Donat'sche Komet vom Jahre 1858, der Halley'sche, welcher in den Jahren 1531, 1607, 1682, 1759, 1835, also immer

O. Physische Beschreibung der Körper des Sonnensystems und besondere Einflüsse derselben auf die Erde.

Ueber die physische Beschaffenheit der Körper des Sonnensystems erhalten wir einigermaßen sichere Aufschlüsse nur von den uns zunächst gelegenen, von Sonne und Mond, und zwar teils durch direkte Beobachtung und Messung, teils durch die wissenschaftliche Betrachtung der Einflüsse derselben auf die Erde und deren Bewohner. Hierüber folgendes.

1. Die Sonne, für uns die Hauptquelle des Lichtes und der Wärme, besteht nach älteren Anschauungen in einem dunklen Kerne, welcher zunächst von einer inneren wolkenartigen Dunsthülle, und dann in weiterer Entfernung von der vielfach durchbrochen erscheinenden Lichthülle (Photosphäre), umgeben ist. Dieser folgt die nur wenig leuchtende äußere Wolkenhülle. Für diese Hypothese spricht zunächst die Erscheinung von Sonnenflecken, die sich nach einigen Beobachtungen in mehrjährigen Perioden immer wieder in ähnlicher Form einstellen. Dagegen weisen die Sonnenfakeln, die sich besonders rasch bilden, verändern und wieder verschwinden, und bei totalen Sonnenfinsternissen als lebhaft rotgefärbte Protuberanzen erscheinen, auf eine gasartige äußerste Umhüllung des Centralkörpers (Sonnenatmosphäre), die unter günstigen Umständen die hellglänzende Strahlenkrone (Corona) bildet. Nach den neuesten, durch die sogenannte Spektralanalyse unterstützten Forschungen sind in dem Lichte der Sonne 14 auf der Erde bekannte Grundstoffe enthalten, namentlich: Natrium, Eisen, Wasserstoff, Calcium, Baryum u. s. f. Die Phänomene der Protuberanzen erweisen sich als kolossale Wasserstofferuptionen. Aus der Beobachtung der Bewegung der Sonnenflecken erkannte man die Rotation der Sonne in 25¹/₂ Tagen in der Richtung der Rotation der Erde. Man sieht nämlich die Sonnenflecken im O der Sonnenscheibe eintreten und nach etwa 13 Tagen im W wieder verschwinden.

2. Der Mond. Dieser konnte bezüglich der physischen Be-

---

nach Perioden von etwa 76 Jahren beobachtet wurde. Ferner der Olber'sche von 1815 und in der neuesten Zeit der Coggia'sche Komet, der im März 1874 entdeckt und bis Anfang Juli gesehen wurde. In der Zeit von 1500—1800 wurden 42 mit unbewaffneten Augen sichtbare Kometen beobachtet. Hiernach träfe durchschnittlich alle 14 Jahre eine hervorragende Kometenerscheinung.

schaffenheit der Oberfläche bei dessen verhältnißmäßig großen Nähe bis auf das kleinste beobachtet und durchforscht werden. Die ausführliche Beschreibung derselben heißt Selenographie. Dieser Zweig der praktischen Astronomie konnte von den Astronomen um so eingehender behandelt werden, da uns der Mond, die unbedeutende Libration abgerechnet, immer dieselbe Hälfte der Oberfläche zuwendet. Nach dem Ergebnisse der zuverläßigsten Beobachtungen ist die kahle Oberfläche des Mondes frei von Luft und Wasser und daher auch frei von allen organischen Geschöpfen, die an die genannten Mittel gebunden wären. Schon mit bloßem Auge betrachtet erscheint uns der Mond als eine von hellen und dunklen Flecken bedeckte Scheibe, von welchen sich die ersteren schon durch Fernrohre mit mäßiger, und die letzteren auch noch durch solche mit bedeutender Vergrößerung in ausgedehnte von mehr oder minder hochragenden Gebirgen durchzogene Regionen auflösen. Unter den Gebirgen unterscheiden wir eine große Anzahl Ringgebirge mit Eruptionskegeln und Ringkratern, dann Massen- und Kettengebirge mit Längenthälern. Aus den Schatten der Berge hat man deren Höhe bis zu 23000 Par.' bestimmt.

3. Merkur ist bei uns nur äußerst selten entweder kurz nach Sonnenuntergang oder vor Sonnenaufgang sichtbar, indem er sich von der Sonne nur bis zu $27^1/_2{}^\circ$ entfernt. Nach unsicheren Beobachtungen besitzt derselbe eine dichte Atmosphäre und befindet sich in seiner Nähe ein kleiner Planet, der entweder den Merkur als Satelliten umkreist, oder selbst einen der Sonne noch näher stehenden Hauptplaneten bildet. Wenn der Merkur zur Zeit der unteren Konjunktion nur bis zu 15' von der Ekliptik entfernt ist, so entsteht ein sogenannter Merkursdurchgang durch die Sonnenscheibe. Solche Durchgänge ereignen sich in einem Jahrhundert etwa 13. Die nächsten werden stattfinden am 8. November 1881, 10. Mai 1891, 10. November 1894.

4. Venus, ein Planet, der sich von der Sonne bis zu 48° weit entfernt, erscheint, wenn sie nicht gleichzeitig mit der Sonne untergeht als ungewöhnlich helleuchtender Abendstern oder als Morgenstern. Sie ist mit unbewaffneten Augen sehr leicht zu erkennen und zeigt mit Fernrohren betrachtet deutlich die Lichtphasen, die ihrer Stellung zu Sonne und Erde entsprechen. Wie Merkur, so kann auch Venus in der unteren Konjunktion von der

Erde aus beobachtet durch die Sonnenscheibe gehen. Die nächsten Venusdurchgänge, die im gegenwärtigen Jahrtausende alle in der ersten Hälfte des Juni oder Dezember stattfinden müssen, ereignen sich am 6. Dezember 1882, und am 8. Juni 2004. Auch Venus zeigt Spuren einer Atmosphäre.

5. Mars. Dieser Planet, an welchem noch kaum eine Abplattung nachgewiesen ist, zeigt in der Nähe der Pole zwei helle rundliche Flecken, deren periodische Veränderungen ohne Zweifel mit dem Wechsel der Jahreszeiten zusammenhängen. Sein Licht ist charakteristisch rot gefärbt.

6. Die Planetoiden oder Asteroiden gelten als die Trümmer eines durch irgend eine Katastrophe vernichteten größeren Planeten, der die schon von Kepler erkannte Lücke zwischen Mars und Jupiter ausfüllt. Sie bewegen sich in einem Ringe, in welchem sie teilweise sehr weit über den Tierkreis hinausschweifen. Von denselben waren bis 1845 bloß 4 bekannt, Ceres, Pallas, Vesta und Juno. Im Jahre 1855 waren deren 55 und Ende 1881 bereits 201 entweder ganz oder teilweise berechnet.

7. Jupiter. Dieser erscheint nach Venus als der hellste Planet. Auf seiner Oberfläche beobachtet man dunkle Streifen, die parallel sind zum Aequator. Diese Erscheinung, sowie auch die große Abplattung führten zur Annahme, daß Jupiter zur Zeit noch im halbflüssigen Zustande sich befinde.

8. Saturnus. An diesem Planeten ist der schon durch mittelmäßig vergrößernde Fernrohre sichtbare Ring von dem größten wissenschaftlichen Interesse. Der Ring ist dreifach geteilt und wird von der Erde aus je nach der Stellung des Saturnusäquators entweder von oben, oder von unten projiziert gesehen. Stellt sich der Aequator so, daß der Beobachter in der Ebene desselben liegt, so erscheint der Ring nur mehr als eine schmale Linie, welche die Saturnusscheibe durchschneidet.

9. Uranus und Neptun. Von diesen äußersten Planeten ist außer dem in der Planetentafel Angeführten nur eine Rotation mit Unsicherheit erkannt.

Von den besonderen Einflüssen der Himmelskörper des Sonnensystems auf unsere Erde sind in erster Linie hervorzuheben

die Sonnen- und Mondfinsternisse und die Erscheinung der Ebbe und Flut.

Zur Erklärung der ersteren ist vorauszuschicken, daß jede Kugel, welche von einer Lichtscheibe getroffen wird, auf der entgegengesetzten Seite einen Schatten verbreitet, der aus einem Systeme von drei Kegeln besteht. Fig. 16.

1. Der Kernschatten, der als keinem Lichte zugänglich gänz-

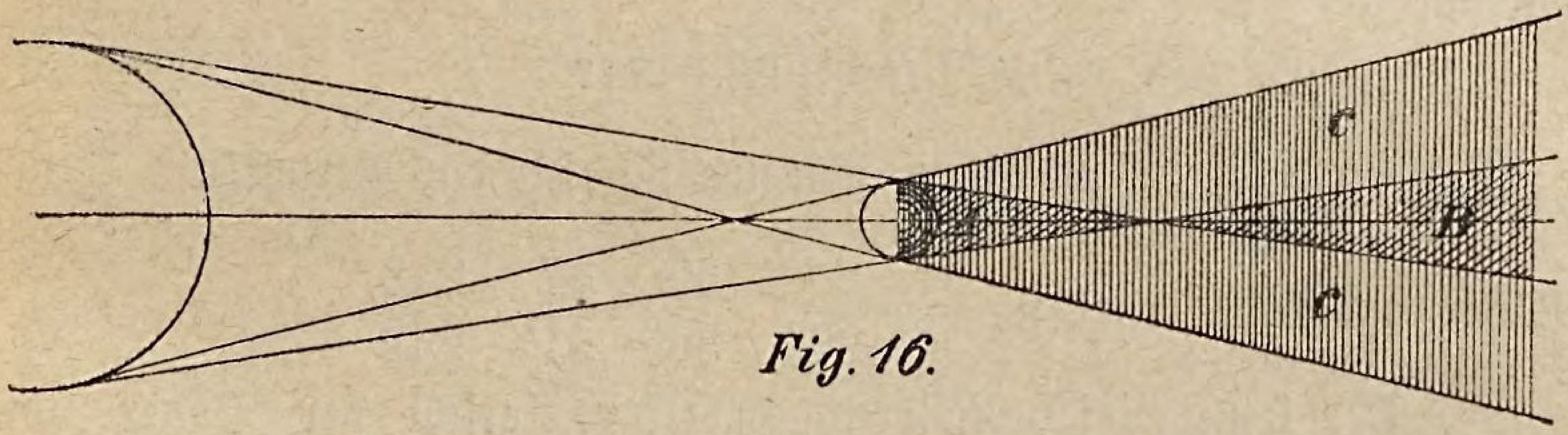


Fig. 16.

lich dunkel ist, nach der Figur der Raum A.

2. Der Gegenschatten B, welcher von einem ringförmigen Teile der Lichtquelle getroffen wird.

3. Der Halbschatten C, welcher die beiden zuerstgenannten Schattenräume einschließt, und der nur von einem kleineren oder größeren Ausschnitte der Lichtscheibe beleuchtet wird.

Da die Erde und der Mond an sich dunkle Körper sind, die ihre Beleuchtung fast ausschließlich von der Sonne erhalten, so ist es klar, daß an diesen Körpern zu jeder Zeit das System der genannten Schattenkegel vorhanden ist. Ist nun die gegenseitige Stellung der beiden dunkeln Körper zur Sonne so, daß der eine ganz oder teilweise in den Schatten des anderen eindringt, so entstehen die in jedem Jahre öfters vorkommenden Sonnen- und Mond-Finsternisse. Diese müßten jeden Monat eintreten, wenn die Bahn des Mondes mit der Ekliptik zusammenfiele. Die ersteren entstehen, wenn der Mond zwischen Sonne und Erde sich befindet, und der Schattenkegel des Mondes die Erde trifft, und die letzteren, wenn die Erde zwischen Sonne und Mond sich befindet, und der letztere in den Schattenkegel der Erde eindringt. Die Orte auf der Erde, welche bei einer Sonnenfinsternis die Mitte des Schattenkegels des Mondes trifft, haben eine centrale Sonnenfinsternis, die entweder total oder ringförmig ist; die Orte, welche die Mitte des Schattens nicht erreicht, haben eine partiale

Sonnenfinsternis. Um den Grad einer Finsternis zu messen, denken wir uns den scheinbaren Sonnendurchmesser in 12 gleiche Teile (Zolle) geteilt, und geben an, wie viele derselben im Augenblicke der größten Verfinsterung unsichtbar sind. Dieses gilt in analoger Weise auch für die Bemessung des Grades einer Mondfinsternis.

Die Periode, nach welchen die Sonnen- und Mondfinsternisse in derselben Reihenfolge wiederkehren, ergibt sich aus der Gleichung

x synod. Mt. = y Drachenmt., oder

29,5306 x = 27,2121 y, woraus sich für das Verhältnis $\frac{x}{y}$ die Näherungswerte ergeben: $\frac{1}{1}, \frac{11}{12}, \frac{35}{38}, \frac{47}{51}, \frac{223}{242}$

Der letzte dieser Näherungswerte entspricht der Dauer von etwa 18 Jahren.

Die Erklärung der allgemein bekannten Erscheinungen der Ebbe und Flut vermittelt die Kenntnis des Newton'schen Attraktionsgesetzes, nach welchem die Anziehungskraft einer von einem Himmelskörper angezogenen Masse im umgekehrten quadratischen Verhältnisse ab- oder zunimmt. Man beobachtet dieselben an den Küsten aller Hauptmeere und, vorzugsweise an jenen, die unter dem Aequator und in mittleren Breiten sich ausdehnen, in einer merkwürdigen Regelmäßigkeit. In einem Zeitraume von etwas mehr als 24 Stunden sinken und steigen zweimal die Gewässer in regelmäßiger Folge. Von dem tiefsten Stande bis zum höchsten und umgekehrt vergeht immer ein Zeitraum von etwas mehr als 6 Stunden und je nach der größeren oder kleineren Entfernung eines Beobachtungsortes von den tropischen Gegenden, über welchen der Mond fast immer kulminiert, treten die Höhenpunkte der Ebbe und Flut bis zu zwei Stunden nach der Kulmination des Mondes ein (Hafenzeit des Ortes). Diese zeitliche Uebereinstimmung des Eintritts des Hochganges des Meeres mit der oberen und unteren Kulmination des Mondes führte auf die nachfolgende Erklärung der Erscheinung. Ist für den Bewohner A der Mond im Zenith oder in der oberen, und für den Bewohner B im Nadir oder in der unteren Kulmination, so ist die vom Monde ausgehende Anziehung der Wasserteilchen in der Nähe von A größer und in der Nähe von B kleiner als die mittlere Anziehung, welcher der

feste Mittelpunkt der Erde (E) unterworfen ist. Die Folge davon ist, daß sich die leicht beweglichen Wasserteilchen in der Gegend von A gegen diesen Punkt hindrängen und daselbst die **Flut** erzeugen. Dagegen folgen dieselben in der Gegend von B nicht in gleichem Maße mit der festen Masse des Erdmittelpunktes und geben so eine der ersten entgegengesetzte Flut. In dem Längenunterschiede von 90° zwischen den beiden Orten, in der Linie CD beobachten die

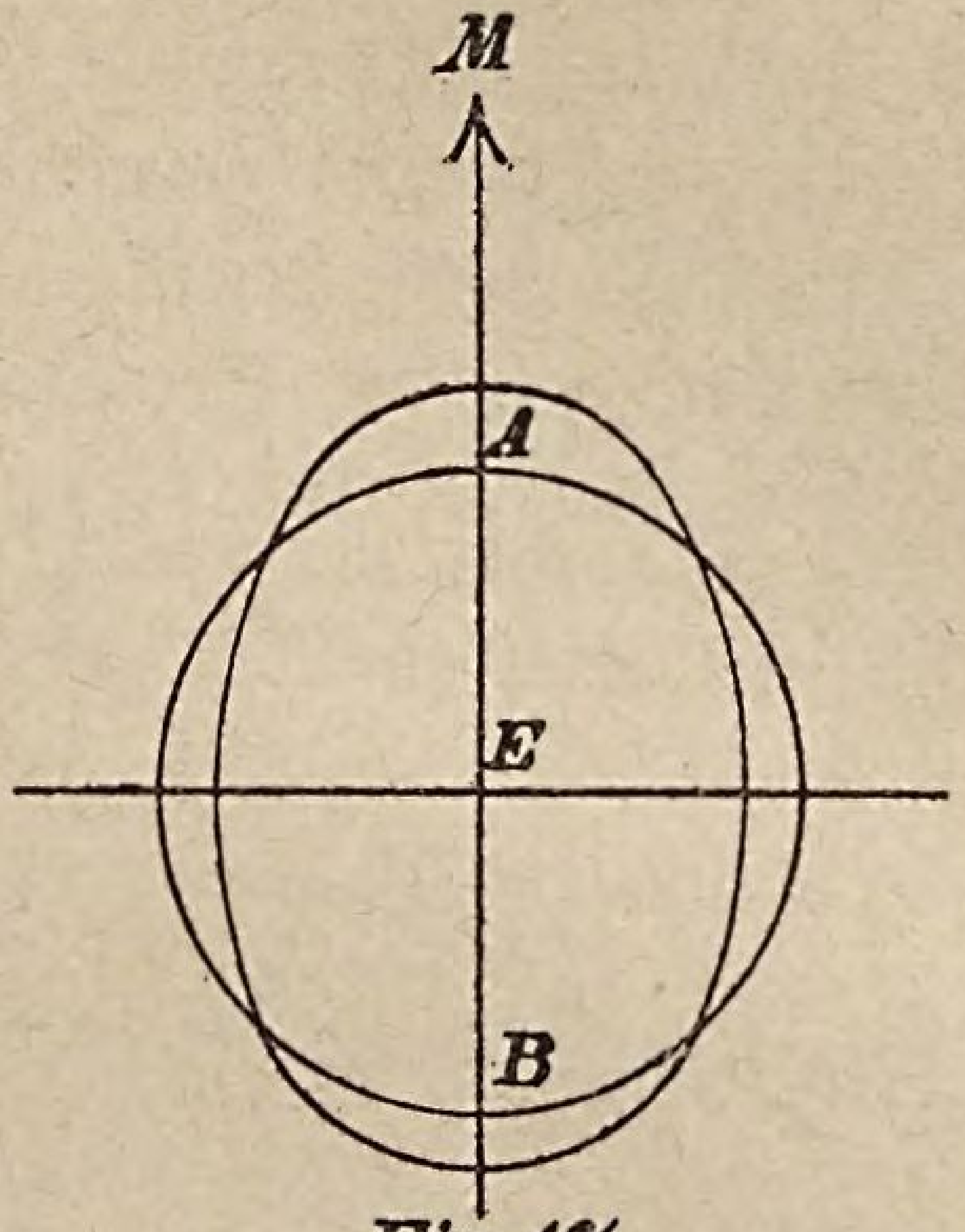


Fig. 17.

Nebenwohner gleichzeitig ein Zurückweichen des Meeres, die **Ebbe**. Diese Flutwellen bewegen sich dem Monde bei seiner täglichen Bewegung von O nach W folgend in derselben Richtung vorwärts und erzeugen nach allen Himmelsrichtungen hin sich verzweigend, die immer nach etwa 25 Stunden wiederkehrenden oben beschriebenen Erscheinungen. Dies die Erklärung, soweit die Erscheinung dem Mond allein zugeschrieben wird. Dieselbe hängt aber auch mit dem täglichen Umlaufe der Sonne zusammen, und muß also durch diese, wenn nicht aufgehoben oder verdoppelt, doch wesentlich modifiziert werden, da die Anziehungskraft der Sonne, die ebenfalls eine Flut erzeugt, sich $2\frac{1}{2}$ mal schwächer berechnet als diejenige des Mondes. Durch das Zusammenwirken beider Kräfte entstehen auch wirklich zur Zeit des Neu- und Vollmondes die erhöhten **Springfluten** und zur Zeit der Quadraturen die abgeschwächten **Nippfluten**. In Brest erreichen die ersteren im Mittel 6 m und die letzteren 3 m. In Meerengen, welche die Flut aus sehr ausgedehnten Meeren erhalten, beträgt die Springflut bis zu 20 m, z. B. in der Fundybay. Durch das Zusammenwirken der Fluterscheinungen und der Ausgleichung der ungleichmäßig verbreiteten Wärme entstehen verschiedene regelmäßige Strömungen des Meeres an der südlichen Küste von Afrika und die großen **Golfströme** in den westindischen Inseln u. a.

IV. Abschnitt.

Zeitrechnung und Kalenderregeln.

P. Allgemeines über Zeitteilung und Zeitrechnung.

Als Grundlage zur Normierung der bürgerlichen Zeiteinteilung und der wissenschaftlichen Zeitrechnung dienen seit den ältesten Zeiten die Bewegungserscheinungen der Sonne und des Mondes, die innerhalb gewisser Zeiträume in auffallender Weise immer wiederkehren.

Man zählte zuerst die Tage als die Zeitabschnitte von einem Aufgange der Sonne bis zum nächsten, dann die Wochen und Monate als die Perioden der wechselnden Mondphasen, und endlich die Jahre als die Zeiträume von einem Frühlingsäquinoktium bis zum nächsten.

Kalender nennen wir einerseits die zum Zwecke der bürgerlichen Zeiteinteilung bei verschiedenen Völkern und zu verschiedenen Zeiten angewandten Methoden, anderseits auch jedes dieser Einteilung entsprechende, gewöhnlich für ein Jahr, hergestellte Verzeichnis der einzelnen Tage, Wochen und Monate.

Die ursprünglichen Namen der Wochentage, welche zum größten Teile heute noch bei den romanischen Völkern und mit entsprechenden Aenderungen zum Teil auch noch bei uns beibehalten werden, verdanken wir den alten Astrologen, welche die

Tagesstunden der Reihe nach von den 7 Planeten ♄, ♃, ♂, ☉, ♀, ☿, ☾ beherrschen ließen. Von dem Planeten, welcher die erste Stunde erhielt, wurde jeder Tag benannt. Da nun die Anzahl der Tagesstunden seit den ältesten Zeiten $3 \times 7 + 3 = 24$ beträgt, so erhalten wir den Beherrscher der ersten Stunde des folgenden Tages, wenn wir in der oben angenommenen Reihenfolge immer jeden dritten Planeten gelten lassen. Dieses gibt also die Reihenfolge:

♄ = dies Saturni,	☉ = dies Solis,
☾ = „ Lunae,	♂ = „ Martis,
☿ = „ Mercurii,	♃ = „ Jovis,

♀ = dies Veneris.

Unsere Namen der Monate stammen aus der Zeit des römischen Königtumes. Romulus führte anfänglich ein Jahr von 304 Tagen ein, die er auf 10 Monate von 30 und 31 Tagen verteilte, und der Reihe nach Martius, Aprilis, Majus, Junius, Quintilis, Sextilis, September, October, November, December nannte. Schon der zweite König Roms, Numa Pompilius, fand sich zu wesentlichen Abänderungen genötigt. Dieser setzte das Jahr auf 355 Tage und fügte zu den oben genannten Monaten, von denen er 6 zu 29 und 4 zu 31 Tagen rechnete, zwei neue Monate, den Januarius mit 29 und den Februarius mit 28 Tagen. Die Abweichung dieser mehr nach dem Mondlaufe angeordneten Jahresteilung von dem Sonnenjahre sollte dadurch ausgeglichen werden, daß man in einer Periode von 8 Jahren, immer ein Jahr um das andere, zwischen dem 23. und 24. Februar unter dem Namen Mercedonius abwechselnd 22 und 23 Tage einschaltete. Die genauere Ausgleichung wurde den Priestern überlassen vermöge der „licentia intercalandi.“

Bei der eben erwähnten Zeiteinteilung, sowie bei jener der verschiedenen anderen Völker des Altertums, bei welchen das Jahr gleich einer bestimmten Anzahl von Tagen oder Monaten angenommen wurde, mußte nach Verlauf einer Reihe von Jahren eine merkliche Abweichung der bürgerlichen Zeitrechnung von der astronomischen eintreten. Dieser Umstand führte zur Aufstellung be-

stimmter Jahrescyklen und zur Festhaltung entsprechender Kalenderregeln. In dieser Beziehung sind besonders erwähnenswert:

1. Die Zeitrechnung der orientalischen Völker, der alten Griechen und Juden, die alle das sogenannte Mondjahr, d. i. die Zeit von 12 Mondumläufen zu Grunde legten. Dieses Jahr zählte in 12 Monaten abwechselnd von 29 und 30 Tagen (hohl oder voll) 354,367 Tage. Die Vernachlässigung des Bruchteiles veranlaßte in je 30 Jahren eine Abweichung von 11 Tagen gegen das genaue Mondjahr, welche dadurch ausgeglichen wurde, daß man in den Jahren 2, 5, 7, 10, 13, 16, 18, 21, 24, 26, 29 der genannten Periode jedesmal einen Schalttag annahm, so daß ein solches Jahr 355 Tage zählte. Diese Einteilung erhielt sich vorzugsweise in Griechenland, abgesehen von den Modifikationen der Periode Metons (um 400 v. Ch.), nach welcher 19 Jahre = 235 Monate, und der kallippischen Periode (331), nach welcher 76 Jahre = 940 Monate weniger 1 Tag betragen, und bildet die Grundzüge des heute noch geltenden türkischen Kalenders.

2. Die julianische Zeitrechnung, später die christliche Zeitrechnung alten Stils, unter der Diktatur und dem Pontifikate des Cajus Julius Cäsar auf Vorschlag des alexandrinischen Astronomen Sosigenes eingeführt am 1. Januar 45 v. Ch. Das Jahr wurde zu 365$^1/_4$ Tagen angenommen und angeordnet, daß jedes vierte Jahr als Schaltjahr von 366 Tagen gelten solle. Diese Jahre sind 45, 41 . . . . 5, 1 v. Ch. und dann 4, 8, 12 u. s. f. n. Ch. Der Fehler beträgt jährlich 0,00776 Tage, also in 129 Jahren etwa 1 Tag. In Folge davon fielen zur Zeit des Konzils von Nicäa 325 n. Ch. die Aequinoktien auf den 21. März, nachdem sie ursprünglich auf den 24. März gefallen waren.

3. Die gregorianische Zeitrechnung, eingeführt von Papst Gregor XIII. 1582 auf Vorschlag des Arztes Lilius zur Ausgleichung des auf weitere 10 Tage angewachsenen Fehlers, indem damals das Frühlingsäquinoktium schon am 11. März eintrat. Zur Beseitigung desselben wurde folgendes angeordnet:

a) Nach dem 4. Oktober 1582 sollte sofort der 15. Oktober gezählt werden, und es waren also 10 Tage auszulassen.

b) Für die Zukunft sollte in jedem Säkularjahre der julianische

Schalttag ausfallen, mit Ausnahme aller Säkularjahre, deren Ordnungszahl mit 4 teilbar.

In Folge dieser Anordnung, welche das Jahr gleich $365 + \frac{1}{4} - \frac{3}{400} = 365{,}2425$ Tg. setzte, besteht noch ein Fehler $= 0{,}00026$ Tg., um welchen das Jahr zu lang angenommen wird. Dieser erwächst erst nach 3846 Jahren wieder zu einem vollständigen Tag, der dadurch ausgeglichen werden könnte, daß man immer nach einer solchen Periode (von 4000 Jahren) ausnahmsweise den Schalttag hinwegläßt.

Dieser sogenannte verbesserte Kalender oder neue Stil wurde zunächst von dem Kaiser und den katholischen Ständen Deutschlands, dann in Italien, Spanien, Portugal und nach kurzen Zwischenräumen in Frankreich, in den katholischen Kantonen der Schweiz und der Niederlande, in Polen und Ungarn eingeführt. Die evangelischen Stände in Deutschland einigten sich hiezu erst am 27. Sept. 1699, und es folgten denselben in kurzer Zeit auch die vereinigten Niederlande, die evangelischen Kantone der Schweiz und ein halbes Jahrhundert später auch England und Schweden.

Die Bekenner der griechischen Religion in Rußland und Griechenland sind heute noch um 12 Tage zurück. Sie zählen z. B. den 4. April, wenn wir den 16. April, und den 26. November, wenn wir den 8. Dezember haben. Wird das julianische Datum mit d und das gregorianische mit D bezeichnet, so ist offenbar

$$D = d + 10 + \frac{3}{4}(S - 16) = d + 10 + (S - 16) - \frac{1}{4}(S - 16),$$

und $d = D - 10 - (S - 16) + \frac{1}{4}(S - 16)$.

Bei der Zeitrechnung nach Jahren kommt nicht nur die Dauer des Jahres, sondern auch der Anfangspunkt der Zählung einer Reihe von Jahren, die wir mit Aera bezeichnen, in Betracht. Nachfolgend seien die Zeitrechnungen angegeben, welche für uns von besonderer Wichtigkeit sind.

Die Juden zählen nach der Einrichtung des Rabbi Hillel Hanassi 358 n. Ch. ihre Jahre von der Zeit der Erschaffung der Welt an, nachdem dieselben vor jener Zeit ihre Jahresrechnung an verschiedene bedeutsame Ereignisse geknüpft hatten.

Die alten Griechen zählten nach Olympiaden von je 4 Jahren, deren erste nach neueren Berechnungen mit dem 23. Juli 776 v. Ch. begann.

Die älteren römischen Geschichtschreiber setzten den Anfang ihrer Zeitrechnung auf das Jahr der Erbauung der Stadt Rom 753 v. Ch. und die späteren auf die Gründung des Kaiserreiches 17 v. Ch.

Die christliche Zeitrechnung wurde auf Anordnung des römischen Abtes Dionysius Exiguus erst 525 eingeführt. Indessen nahmen die griechischen Christen erst in den letzten Jahrhunderten die christliche Zeitrechnung alten Stils an, nachdem früher die Russen von der Erschaffung der Welt an (5509 v. Ch.) gerechnet hatten.

Die Türken zählen von der Zeit der Flucht Muhameds von Mekka nach Medina, am 16. Juli 622 n. Ch. Diese Aera wird Hegira (Hedschra) genannt.

Zur leichteren Orientierung in der Zeitrechnung und namentlich auch zur Begründung von chronologischen Merkmalen für einzelne Jahre hat man Cyklen eingeführt d. h. Perioden von Jahren, nach deren Verlaufe die zum Zeitmaße dienenden politischen Einrichtungen und Naturerscheinungen in derselben Ordnung wiederkehren. Solche sind:

1. Der Indiktionscyklus oder die Römerzinszahl, eine Periode von 15 Jahren, nach deren Verlauf im römischen Reiche immer wieder eine neue Abschätzung und Verteilung der Grundsteuer vorgenommen wurde.

Ein 1. Jahr dieser Periode ist das Jahr 3 v. Ch. Man erhält also für das Jahr A n. Ch. die Indiktion (J) aus dem Bruche $\frac{A + 3}{15} = m + \frac{J}{15}$. Dies gibt z. B. für das Jahr 1882:

$$\frac{1885}{15} = 125 + \frac{10}{15} \text{ d. h. } J = 10.$$

Diese Zahl hat für uns nur mehr die Bedeutung eines chronologischen Merkmales.

2. Der Sonnencyklus, eine Periode von 4 . 7 = 28 Jah-

ren, nach welchen die Wochentage wieder auf dieselben Monatstage fallen. Als 1. Jahr gilt das Jahr 9 v. Ch.

Man hat also für das Jahr A zur Berechnung des Sonnencyklus S die Gleichung

$$\frac{A+9}{28} = n + \frac{S}{28}, \text{ und daher für das Jahr 1882:}$$

$$\frac{1891}{28} = 67 + \frac{15}{28}, \text{ d. h. es ist } S = 15.$$

3. Um das chronologische Merkmal des Sonnencyklus der Rechnung leichter zugänglich zu machen, bezeichnen wir im Kalender die ersten 7 Tage des Jahres mit den Buchstaben A = 1, B = 2, C = 3, D = 4, E = 5, F = 6, G = 7, worauf sich dieselben in der gleichen Ordnung wieder folgen. Derjenige von diesen Buchstaben, welcher auf den ersten Sonntag, also auf alle Sonntage eines Jahres trifft, heißt der Sonntagsbuchstabe. Jedes Schaltjahr hat zwei solche Buchstaben, da der 24. und 25. Februar (der letztere der Schalttag) eines solchen Jahres immer mit demselben Buchstaben bezeichnet werden. Da das Jahr 1 v. Chr. den Buchstaben C hatte, und nach jedem gemeinen Jahre von $365 = 52 \times 7 + 1$ Tagen der Sonntagsbuchstabe um 1 und nach jedem Schaltjahre um 2 zurückgeht, so berechnet sich der julianische Sonntagsbuchstabe für das Jahr A aus der Gleichung:

$$L = 3 - \frac{5}{4} A = 3 - A - \frac{1}{4} A, \text{ welchen Ausdruck}$$

wir von demjenigen Produkte von 7n abziehen, welches einen positiven Rest zwischen 0 und 6 gibt, wobei 0 dem Sonntagsbuchstaben G = 7 entspricht. Es ist also:

$$L = 7n - (A + \frac{1}{4} A - 3).$$

Der gregorianische Sonntagsbuchstabe ist wegen der im Jahre 1582 ausgelassenen 10 Tage um 10 (hier = 3), und wegen der in 4 Jahrhunderten ausgelassenen 3 Schalttage um die Größe $\frac{3}{4}$ (S — 16) zu erhöhen; derselbe berechnet sich also mit der Formel:

$$L' = L + 3 + \frac{3}{4}(S - 16) = 7n - (A + \frac{A}{4} - 3) + 3 + (S - 16)$$
$$- \frac{1}{4}(S - 16), \text{ oder}$$

$$L' = 7n - \left(A + \frac{A}{4} - 6 - (S - 16) + \frac{1}{4}(S - 16)\right).$$

Der Sonntagsbuchstabe für das Jahr 1882 ist also:
$L' = 7n - (1882 + 476 - 6 - 2) = 2345 - 2344 = 1$ d. h. der gregorianische Sonntagsbuchstabe ist A.

4. Der Mondcyklus, die Meton'sche Periode der alten Griechen, bezeichnet eine Periode von 19 Jahren, nach welchen die Mondphasen wieder auf die gleichen Monatstage fallen. Die Zahl, welche angibt, das wie vielste im Cyklus irgend ein Jahr ist, wurde schon von den Griechen die goldene Zahl genannt. Da das Jahr 1 v. Ch. als ein erstes dieses Cyklus angenommen wurde, so ist sie für das Jahr A aus der Formel zu berechnen:

$$\frac{A + 1}{19} = p + \frac{G}{19}.$$ z. B. für das Jahr 1882:

$$\frac{1883}{19} = 99 + \frac{2}{19},$$ d. h. die goldene Zahl ist $G = 2$.

5. Im Zusammenhange mit dem Mondcyklus stehen die Epakten (ἐπάγειν), die Zahlen, welche für verschiedene Jahre das Alter des Mondes (seit dem Neumonde) am 1. Januar angeben. Diese Zahl, im Jahre 1 v. Ch. = 8, rückt jedes Jahr um 11 vor, was einen jährlichen Fehler von 3 h gibt. Denn es geben 365,24224 : 29,53059 = 12 synodische Monate, 11 Tage weniger 3 Stunden = 0,125 d. Dieser Fehler wird aber dadurch wieder ausgeglichen, daß man bei der Einrichtung des Epaktencyklus, bei welchem man 6mal den synodischen Monat zu 30 Tagen annimmt, denselben außerdem einmal, beim Uebergange in den neuen Cyklus, mit 29 Tagen in Rechnung bringt. Dieses gibt einen entgegengesetzten Fehler, welcher sich durch die sogenannte Mondgleichung $= \frac{1}{3}(S - 15)$, nach welcher alle 300 Jahre im Epaktencyklus jede Epakte um 1 erhöht wird, nahezu aufhebt. Mit Rücksicht auf die im gregorianischen Kalender enthaltene Anordnung, daß in 400 Jahren immer an 3 Säkularjahren der Schalttag ausfällt, hat man bei der Bestimmung der Epakte e für die goldene Zahl 1, bei Einführung des neuen Kalenders = 1, auch noch die sogenannte Sonnengleichung, welche $\frac{3}{4}(S - 16)$ beträgt, abzuziehen.

Es geht also das obengenannte e über in

$$e - (S - 16) + \frac{1}{4}(S - 16) + \frac{1}{3}(S - 15).$$

Für das laufende Jahrhundert haben wir also:

$$e = 1 - 2 + \frac{2}{4} + 1 = 0$$ und für das Jahr 1882:

$$E = \frac{0 + 1 \,.\, 11}{30} = \frac{11}{30},$$ d. h. $E = XI$.

Q. Christliche Festrechnung des neuen Stils.

Mit Hilfe der vier zuletzt angegebenen Cyklen bestimmen die Christen nach den Anordnungen des Concils von Nicäa 325 n. Ch. das Osterfest nach den folgenden Bestimmungen:

Das Osterfest fällt auf den 1. Sonntag nach dem ersten Frühlingsvollmonde. Hiebei wird der 21. März als erster Frühlingstag angenommen und Ostern auf eine Woche verschoben, wenn der Frühlingsvollmond auf einen Sonntag fällt, außerdem wird jedesmal der Vollmond 13 Tage [1]) nach dem Neumonde angenommen. Die äußersten Grenzen, welche das Osterfest im Kalender nicht überschreiten kann, sind also der 22. März und der 25. April.

Zur Erleichterung der Bestimmung des Osterfestes und der sogenannten beweglichen Feste des Jahres, dann der Wochentage an bestimmten Monatstagen eines Jahres, endlich der Mondphasen dienen die Tafeln der Sonntagsbuchstaben und der Epakten für das laufende Jahrhundert, und der sogenannte immerwährende Kalender, in welchem die Monatstage der Reihe nach mit den Buchstaben A bis G und mit den Zahlen XXX (= 0) bis I bezeichnet sind, wobei immer im zweiten Monate, also im Februar, April u. s. f. die Epakten XXV und XXIV auf einen Tag verlegt werden, letzteres zur Ausgleichung, weil der synodische Monat nicht 30, sondern nur 29½ Tage zählt. Dieser Kalender eignet sich ebenso wohl für Bestimmungen der julianischen als für solche der gregorianischen Zeitrechnung.

Tafel für den Sonnenzyklus und den Sonntagsbuchstaben der Jahre 1801—1899. [2])

S	Lit.	S	Lit.	S	Lit.	S	Lit.	S	Lit.	S	Lit.
1	ED	6	E	11	F	16	G	21	AG	26	A
2	C	7	D	12	E	17	FE	22	F	27	G
3	B	8	C	13	DC	18	D	23	E	28	F
4	A	9	BA	14	B	19	C	24	D		
5	GF	10	G	15	A	20	B	25	CB		

1) Eigentlich die Zeit seit dem ersten Erscheinen der Mondsichel nach dem Neumonde, welche früher bei den Griechen und später auch bei den Christen in Rechnung gebracht wurde; abgesehen davon hätte man nahezu 15 Tage zu addieren.

2) Für die Jahre 1901—2099 entspricht immer dem Sonnencyklus S = 1 der Sonntagsbuchstabe FE u. s. f. Das Jahr 1900 mit dem Sonnencyklus S = 5 erhält den Sonntagsbuchstaben G.

Tafel für die goldene Zahl und die Epakte der Jahre 1801—1900.[1])

G	Ep.	G	Ep.	G	Ep.	G	Ep.
1	0	6	XXV	11	XX	16	XV
2	XI	7	VI	12	I	17	XXVI
3	XXII	8	XVII	13	XII	18	VII
4	III	9	XXVIII	14	XXIII	19	XVIII
5	XIV	10	IX	15	IV		

Immerwährender Kalender.[2])

Monats-Tage	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni	
	Lit.	Ep.	Lit.	Ep.	Lit.	Ep.	Lit.	Ep.	Lit.	Ep.	Lit.	Ep.
1	A	0	D	29	D	0	G	29	B	28	E	27
2	B	29	E	28	E	29	A	28	C	27	F	26
3	C	28	F	27	F	28	B	27	D	26	G	25,24
4	D	27	G	26	G	27	C	26	E	25	A	23
5	E	26	A	25,24	A	26	D	25,24	F	24	B	22
6	F	25	B	23	B	25	E	23	G	23	C	21
7	G	24	C	22	C	24	F	22	A	22	D	20
8	A	23	D	21	D	23	G	21	B	21	E	19
9	B	22	E	20	E	22	A	20	C	20	F	18
10	C	21	F	19	F	21	B	19	D	19	G	17
11	D	20	G	18	G	20	C	18	E	18	A	16
12	E	19	A	17	A	19	D	17	F	17	B	15
13	F	18	B	16	B	18	E	16	G	16	C	14
14	G	17	C	15	C	17	F	15	A	15	D	13
15	A	16	D	14	D	16	G	14	B	14	E	12
16	B	15	E	13	E	15	A	13	C	13	F	11
17	C	14	F	12	F	14	B	12	D	12	G	10
18	D	13	G	11	G	13	C	11	E	11	A	9
19	E	12	A	10	A	12	D	10	F	10	B	8
20	F	11	B	9	B	11	E	9	G	9	C	7
21	G	10	C	8	C	10	F	8	A	8	D	6
22	A	9	D	7	D	9	G	7	B	7	E	5
23	B	8	E	6	E	8	A	6	C	6	F	4
24	C	7	F	5	F	7	B	5	D	5	G	3
25	D	6	G(F)	4	G	6	C	4	E	4	A	2
26	E	5	A(G)	3	A	5	D	3	F	3	B	1
27	F	4	B(A)	2	B	4	E	2	G	2	C	0
28	G	3	C(B)	1	C	3	F	1	A	1	D	29
29	A	2	(C)		D	2	G	0	B	0	E	28
30	B	1			E	1	A	29	C	29	F	27
31	C	0			F	0			D	28		

1) Für die Jahre 1901—2100 entspricht immer der goldenen Zahl 1 die Epakte XXIX an Stelle der 0. Der Sprung von XVIII auf XXX oder 0 anstatt XXIX wird saltus lunae epactarum genannt.

Monats-Tage	Juli		August		September		Oktober		November		Dezember	
	Lit.	Ep.	Lit.	Ep.	Lit.	Ep.	Lit.	Ep.	Lit.	Ep.	Lit.	Ep.
1	G	26	C	25,24	F	23	A	22	D	21	F	20
2	A	25	D	23	G	22	B	21	E	20	G	19
3	B	24	E	22	A	21	C	20	F	19	A	18
4	C	23	F	21	B	20	D	19	G	18	B	17
5	D	22	G	20	C	19	E	18	A	17	C	16
6	E	21	A	19	D	18	F	17	B	16	D	15
7	F	20	B	18	E	17	G	16	C	15	E	14
8	G	19	C	17	F	16	A	15	D	14	F	13
9	A	18	D	16	G	15	B	14	E	13	G	12
10	B	17	E	15	A	14	C	13	F	12	A	11
11	C	16	F	14	B	13	D	12	G	11	B	10
12	D	15	G	13	C	12	E	11	A	10	C	9
13	E	14	A	12	D	11	F	10	B	9	D	8
14	F	13	B	11	E	10	G	9	C	8	E	7
15	G	12	C	10	F	9	A	8	D	7	F	6
16	A	11	D	9	G	8	B	7	E	6	G	5
17	B	10	E	8	A	7	C	6	F	5	A	4
18	C	9	F	7	B	6	D	5	G	4	B	3
19	D	8	G	6	C	5	E	4	A	3	C	2
20	E	7	A	5	D	4	F	3	B	2	D	1
21	F	6	B	4	E	3	G	2	C	1	E	0
22	G	5	C	3	F	2	A	1	D	0	F	29
23	A	4	D	2	G	1	B	0	E	29	G	28
24	B	3	E	1	A	0	C	29	F	28	A	27
25	C	2	F	0	B	29	D	28	G	27	B	26
26	D	1	G	29	C	28	E	27	A	26	C	25
27	E	0	A	28	D	27	F	26	B	25,24	D	24
28	F	29	B	27	E	26	G	25	C	23	E	23
29	G	28	C	26	F	25,24	A	24	D	22	F	22
30	A	27	D	25	G	23	B	23	E	21	G	21
31	B	26	E	24			C	22			A	20

2) Die Epakten werden gewöhnlich in römischen Ziffern angegeben: hier sind der Einfachheit wegen die arabischen Ziffern gebraucht.

Aufgaben über den Kalender.

1. Bestimmung des Ostersonntags für die nachfolgenden Jahre:

Jahr.	G	E	S	L	Oster-Neumond	Oster-Vollmond	Oster-Sonntag
1880	19	XVIII	13	DC	13. März	26. März	28. März
1881	1	0	14	B	31. "	13. April	17. April
1882	2	XI	15	A	20. "	2. "	9. "
1883	3	XXII	16	G	9. "	22. März	25. März
1884	4	III	17	FE	28. "	10. April	13. April
1885	5	XIV	18	D	17. "	30. März	5. "
1886	6	XXV	19	C	5. April	18. April	25. "
1887	7	VI	20	B	25. März	7. "	10. "
1888	8	XVII	21	AG	14. "	27. März	1. "
1889	9	XXVIII	22	F	2. April	15. April	21. "
1890	10	IX	23	E	22. März	4. "	6. "
1891	11	XX	24	D	11. "	24. März	29. März
1892	12	I	25	CB	30. "	12. April	17. April
1893	13	XII	26	A	19. "	1. "	2. "
1894	14	XXIII	27	G	8. "	21. März	25. März
1895	15	IV	28	F	27. "	9. April	14. April
1896	16	XV	1	ED	16. "	29. März	5. "
1897	17	XXVI	2	C	4. April	17. April	18. "
1898	18	VII	3	B	24. März	6. "	10. "
1899	19	XVIII	4	A	13. "	26. März	2. "
1900	1	XXIX	5	G	1. April	14. April	15. "

Bemerkenswert ist diese Rechnung für das Jahr 1954, für welches G = 17, E = XXV, S = 3 und L = C. In diesem Jahre wird, da in dem betreffenden Cyklus die ebenfalls auf den 5. April fallende Epakte XXIV bereits angenommen wurde, der Neumond, der die Ostergrenze bildet, am 4. April, und daher der Ostervollmond auf den 17. und Ostern auf den 18. April (nicht auf den 25.) verlegt; eine Ausnahme, welche nur eintritt, wenn unter der oben gegebenen Voraussetzung auch noch der Sonntagsbuchstabe C gilt.

2. Annähernde Bestimmung der Voll- und Neumonde im Jahre 1882, wenn die astronomische Epakte, d. h. das genaue Alter des Mondes am 1. Januar dieses Jahres gegeben ist.

Da die mittlere Dauer eines synodischen Monats 29 d 12 h 44 m beträgt, und die Zeit zwischen Neu- und Vollmond 14 d 18 h 22 m,

so wird man mittelst der gegebenen Epakte die Zeit des ersten Neumondes bestimmen, und hiezu wiederholt die oben angegebenen Zeiten addieren. Für das Jahr 1882 haben wir nach den für Berlin berechneten astronomischen Ephemeriden E = 10 d 18 h 3 m. Hieraus berechnet sich die bürgerliche Zeit

	a) für den Vollmond:			b) für den Neumond:		
im Januar:	am 4.	11 h 53 m M.		am 19.	6 h 15 m M.
„ Februar:	„ 3.	12 h 37 m M.		„ 17.	6 h 59 m Ab.
„ März:	„ 4.	1 h 21 m Ab.		„ 19.	7 h 43 m M.
„ April:	„ 3.	2 h 5 m M.		„ 17.	8 h 27 m Ab.
„ Mai:	„ 2.	2 h 49 m Ab.		„ 17.	9 h 11 m M.
„ Juni:	„ 1.	3 h 33 m M.		„ 15.	9 h 55 m Ab.
	„ 30.	4 h 17 m Ab.	Juli	„ 15.	10 h 39 m M.
„ Juli:	„ 30.	7 h 1 m M.	Aug.	„ 13.	11 h 23 m Ab.
„ August:	„ 28.	5 h 45 m Ab.	Sept.	„ 12.	12 h 7 m Ab.
„ Septemb.:	„ 27.	6 h 29 m M.	Oktob.	„ 12.	12 h 51 m M.
„ Oktober:	„ 26.	7 h 13 m Ab.	Nov.	„ 10.	1 h 35 m Ab.
„ Novemb.:	„ 25.	7 h 57 m M.	Dez.	„ 10.	2 h 19 m M.
„ Dezember:	„ 24.	8 h 41 m Ab.	Jan.	„ 8.	3 h 3 m Ab.

3. Auf welche Wochentage fiel die Schlacht bei Leipzig, die am 16., 18. und 19. Oktober 1813 geschlagen wurde, und in welches Mondviertel?

Es berechnet sich S = 2, L = 3, und es ist daher der Sonntagsbuchstabe dieses Jahres C. Da der 17. Oktober im immerwährenden Kalender mit C bezeichnet ist, so ist also dieser Tag ein Sonntag. Die Tage der Schlacht sind also: Samstag, Montag und Dienstag.

Für dasselbe Jahr berechnet sich G = 9, welcher Zahl die Epakte XXVIII entspricht. Da nach dem immerwährenden Kalender der 25. Oktober die Epakte XXVIII trägt, so fällt also auf diesen Tag Neumond, und somit fällt in die Zeit vom 16—19. Oktober die Phase des letzten Viertels.

4. Bestimmung der Wochentage für die nachfolgenden geschichtlichen Daten:

a) Todestag Karls des Gr. am 28. Januar 814. Es ist S = 11, L = 1 = A. Daher ist nach dem immerwährenden Kalender der mit G bezeichnete 28. Jan. dieses Jahres ein Samstag.

b) Bekanntgabe der goldenen Bulle am 25. Dez. 1356. Es berechnet sich S = 21 und L = 2 = B. Daher ist dieser Tag, der im immerwährenden Kalender mit B bezeichnet ist, ein Sonntag.

c) Die Schlacht bei Lützen am 6. Nov. 1632, in welcher Gustav Adolf fiel. Es berechnet sich S = 17 und L = 3 = C. Der genannte Tag war, da der 7. Nov. mit C bezeichnet ist, ein Samstag.

d) Die Flucht Muhameds am 16. Juli 622. Es berechnet sich für dieses Jahr der julianische Sonnencyklus S = 15 und L = 3 = C. Da im allgemeinen immerwährenden Kalender der 18. Juli mit C bezeichnet ist, so war dieser Tag ein Sonntag und daher der 16. Juli ein Freitag.

Anhang.

Übungsaufgaben.

1. Bestimmung der Depression (d) und der Weite (w) des Horizontes, vorausgesetzt, daß die Höhe (h) des Beobachters über der Erdoberfläche und der Erdhalbmesser (r = 860 Ml.) gegeben ist.

Aus einer leicht zu entwerfenden Figur ist es zunächst einleuchtend, daß

$$\cos d = \frac{r}{r + h}, \text{ woraus durch Substitution}$$

$$\sin \tfrac{1}{2}d = \sqrt{\frac{1 - \cos d}{2}} = \sqrt{\frac{h}{2\,(r + h)}} = \tfrac{1}{2}d,$$ letzteres wenn d einen sehr kleinen Winkel bezeichnet, der wenige Grade nicht überschreitet. Hieraus ergibt sich

$$d = \sqrt{\frac{2h}{r + h}} = \sqrt{\frac{2h}{r}},$$ wenn wir h als verschwindend kleinen Summanden neben dem Erdhalbmesser annehmen. Es sei z. B. die Depression für die Höhe h = 1 Ml. zu bestimmen.

Es ist $d = \sqrt{\frac{2}{860}} = 0{,}048224$, worin der Bogen, dessen Länge gleich dem Erdhalbmesser, als Einheit anzunehmen ist. Es ist aber der Bogen von 1″ bei dem Halbmesser r = 1

$$\text{arc } 1'' = \frac{2 \cdot 3{,}14159}{360 \cdot 60 \cdot 60} = 0{,}0000048481,$$

$$\text{daher arc } d'' = \frac{0{,}048224}{\text{arc } 1''} = 9947'' = 2^\circ\, 45'\, 47''.$$

Hiernach berechnet sich die Weite des Horizontes

$$w = 0{,}048224 \times 860 = 41{,}47264 \text{ Ml.}$$

Beispiele für $h = 100$ m, 1000 m, 5710,7 m, 10000 m.

2. Man soll durch die oben erhaltene Hauptformel aus der durch Messung gegebenen Depression die Höhe des Standpunktes berechnen.

Beispiele für $d = 10''$, $1'$, $35{,}4'$, $1^\circ\ 7\frac{3}{4}'$, $3^\circ\ 5{,}3'$.

Anmerkung. Aus derselben Formel könnte man nach vorhergegangener genauer Messung der Höhe und Depression den Erdhalbmesser berechnen; es ist nämlich $r = \frac{2h}{d^2}$.

3. Man soll das Bogen- oder Gradmaß (n) zwischen zwei Orten A und B, deren Abstand = a sei, bestimmen, und aus dem Ergebnisse der Rechnung den Erdhalbmesser ableiten.

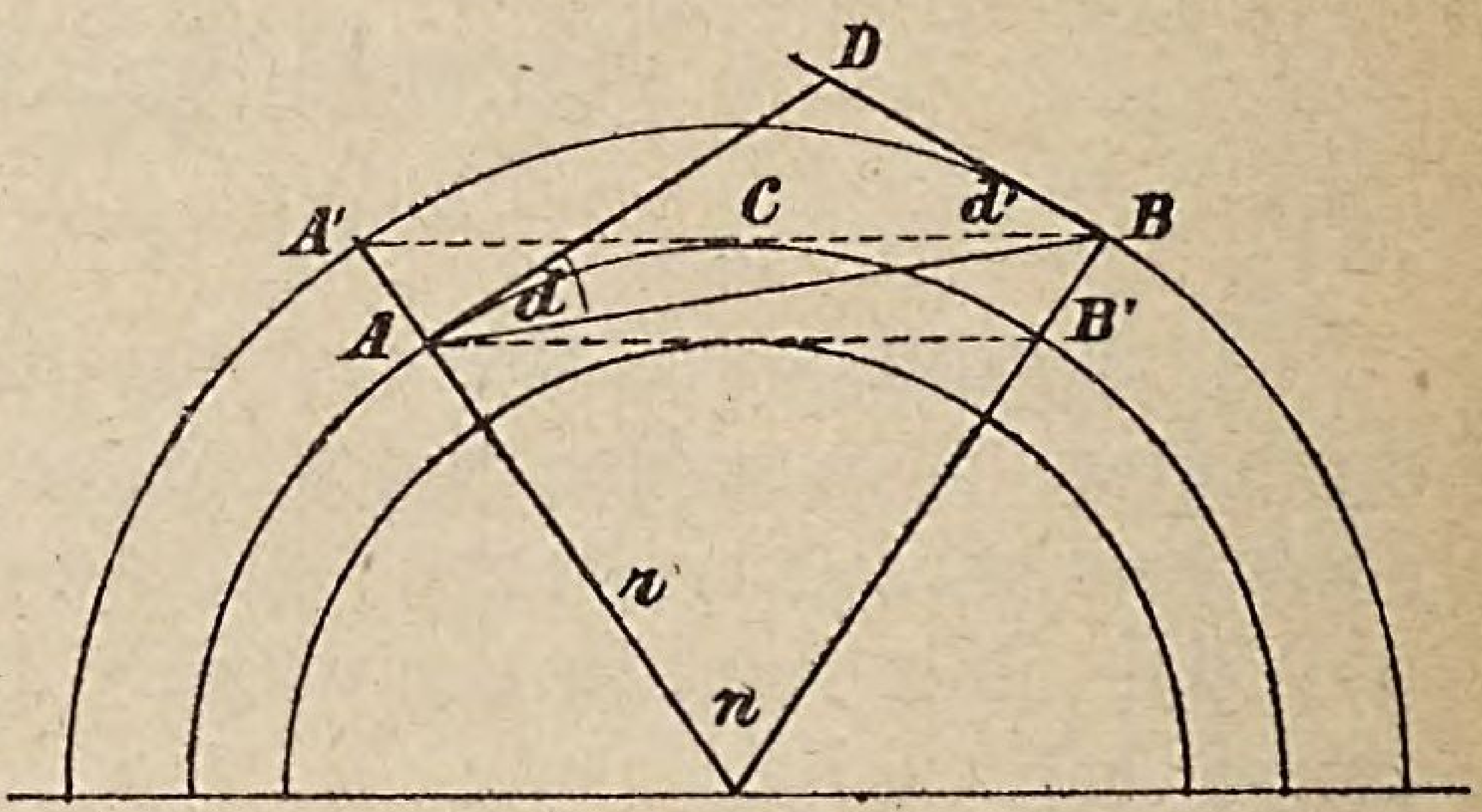


Fig. 18.

a) Aus der Beobachtung der gegenseitigen Depressionswinkel d und d'. Fig. 18.

Es ist $CAB' = \text{arc } DBA' = \frac{1}{2}n$.

Ferners $BAB' = CAB' - CAB = \frac{1}{2}n - d$,

$A'BA = DBA - DBA' = d' - \frac{1}{2}n$;

hieraus folgt $\frac{1}{2}n - d = d' - \frac{1}{2}n$, oder $n = d + d'$ d. h. das Bogenmaß zwischen den beiden Orten ist gleich der Summe der gegenseitigen Depressionen. Die Länge eines Grades berechnet sich in diesem Falle aus der Gleichung $1^\circ = \frac{a}{d + d'}$.

b) Aus der Entfernung a, in welcher auf einer Ebene die Höhe h verschwindet.

Es ist hier $r = (r + h) \cos n = (r + h)(1 - \frac{1}{2}n^2)$, worin, vorausgesetzt, daß n wenige Grade nicht übersteigt,

$$\sin n = n = \frac{a}{r}.$$

Dieses gibt aus obiger Gleichung, wenn man $8h^2$ als Summanden gegen a^2 vernachläßigt, annähernd $r = \frac{a^2}{2h}$.

c) Durch astronomische Messung, wobei vorausgesetzt wird, daß die beiden Orte unter demselben Meridiane liegen. Der Winkelbogen n ist unter der gegebenen Voraussetzung gleich der Differenz der Kulminationshöhen irgend eines Gestirnes. Da in diesem Falle

$$a = \frac{2r\pi \cdot n}{360}, \text{ so ist}$$

$$r = \frac{360 \cdot a}{2n\pi} = \frac{180a}{n\pi}.$$

Dieser Methode bediente sich 250 v. Ch. Eratosthenes bei Bestimmung des Bogens zwischen Alexandrien und Syene. Derselbe setzte die Entfernung auf 5000 Stadien und bestimmte den Bogen zu $\frac{1}{50}$ des Erdumfanges $= 7\frac{1}{5}°$, woraus sich die Länge eines Grades auf 694,4 Stadien berechnet.

Maupertuis fand bei einer Gradmessung in Lappland durch Triangulierung den absoluten Abstand zweier Orte unter demselben Meridiane a = 54942 t, und als Differenz der Kulminationshöhen eines Circumpolarsternes n = 57′ 25,5″; es soll die Länge des Meridiangrades berechnet werden.

4. Bestimmung der **Beschleunigung des freien Falles** (g) und deren **Modifikation** in Folge der Rotation der Erde.

Die Beschleunigung des freien Falles bestimmen wir wenigstens annähernd aus der beobachteten Schwingungsdauer eines Pendels mittelst der Gleichung

$$t = \pi\sqrt{\frac{l}{g}}, \text{ woraus folgt}$$

$$g = \frac{\pi^2}{t^2}\, l, \text{ oder noch einfacher aus der}$$

Länge des Sekundenpendels, indem dann $g = l\pi^2$.

So wurde zum Beispiel die Länge des Sekundenpendels in München = 0,99429 m gefunden. Dies gibt

$$g = 0{,}99429 \cdot 3{,}14159 = 9{,}8132 \text{ m}.$$

Dieses wäre die Beschleunigung der Schwere, wenn die Erde ohne Rotation angenommen würde. Da sie nun aber rotiert, so gibt das durch Berechnung erhaltene g die wahre Beschleunigung G um den Betrag der Schwungkraft der Rotation vermindert.

Diese beträgt aber am Aequator $p = \frac{4r\pi^2}{t^2}$, und in der geographischen Breite $\varphi : p' = \frac{4r \cos \varphi\pi^2}{t^2}$, von welcher Größe jedoch nur die in der Richtung der Schwere wirkende Componente, die $= p' \cos \varphi$ ist, in Rechnung kommt. Es ist also für den Aequator:

$$g = G - \frac{4r\pi^2}{t^2}, \text{ oder } G = g + \frac{4r\pi^2}{t^2},$$

und für einen Ort in der geographischen Breite φ:

$$G' = g' + \frac{4r \cos^2 \varphi\pi^2}{t^2}.$$

Hiernach ist die eigentliche Beschleunigung am Aequator, wenn die durch Beobachtung gefundene = 9,6964 m beträgt:

$$G = 9{,}6964 + 0{,}0337 = 9{,}7301 \text{ m},$$

und für München, wo $g' = 9{,}8132$ m,

$$G' = 9{,}8132 + 0{,}0150 = 9{,}8282 \text{ m}.$$

5. Genauere Bestimmung der Gestalt der Erde, vorausgesetzt, daß der Halbmesser r des Aequators bekannt ist.

Wie schon früher gezeigt wurde, erkannte man teils aus direkten Meridianvermessungen teils aus der Beobachtung von Pendelschwingungen, daß die Erde die Gestalt eines Rotationsellipsoides habe.

Was die Beobachtung der Schwingungsdauer eines Pendels an verschiedenen Orten auf der Erdoberfläche betrifft, so ist aus der Mechanik bekannt, daß, wenn an verschiedenen Orten die Schwingungsdauer eines Pendels verschieden ausfällt, sich die Schwingungszeiten genau so verhalten, wie die Entfernungen der Beobachtungsorte vom Erdmittelpunkte, oder wie die entsprechenden Erdhalbmesser. Es ist nämlich

$$t : t_1 = \sqrt{g_1} : \sqrt{g} \text{ und } g_1 : g = r^2 : r_1^2 \text{ oder}$$

$$\sqrt{g_1} : \sqrt{g} = r : r_1, \text{ woraus folgt}$$

$$t : t_1 = r : r_1 \text{ und}$$

$$r = \frac{r_1 t}{t_1}.$$

Man beobachtete z. B. mit einem Pendel in Paris 86400 Schwingungen und in derselben Zeit am Aequator 86274; wie verhalten sich demnach die Erdhalbmesser, und wie berechnet sich der Halbmesser r_1 für Paris, wenn jener des Aequators $r = 859{,}95$ Ml. beträgt?

6. Man soll die Längen der Halbmesser und Gradbogen der Parallelkreise der geographischen Breiten φ von 5 zu 5° berechnen.

Der Halbmesser des Parallelkreises ist allgemein

$\varrho = r \cos \varphi$ (die Erde als Kugel betrachtet).

7. Wie berechnet sich die Beschleunigung g' der Anziehung des Mondes gegen die Erde, wenn die Entfernung desselben 60 Erdhalbmesser beträgt?

8. Wie berechnet sich die Beschleunigung des freien Falles g_1 auf der Oberfläche a) des Mondes, b) der Sonne, c) des Jupiter, wenn deren Massen und Größen aus der Planetentafel genommen werden, und $g = 5m$ gesetzt wird.

9. Bestimmung der relativen Massen zweier Himmelskörper.

Bezeichnen wir mit M die Masse der Sonne, mit G die Beschleunigung der Schwere, unter welcher ein Planet in der Entfernung R und in der Zeit T um die Sonne kreist, ferner analog die gleichnamigen Größen eines Satelliten von jenem Hauptplaneten mit m, g, r, t, so gelten nach den Gesetzen der Centralbewegung die nachfolgenden Gleichungen:

$$G = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = \frac{M}{R^2} \cdot c,$$

$$g = \frac{4\pi^2 r}{t^2} = \frac{m}{r^2} \cdot c,$$

woraus $\frac{M}{m} = \frac{R^3 t^2}{r^3 T^2}$, worin c einen konstanten Faktor, die Anziehung der Masseneinheit in der Entfernungseinheit, ausdrückt.

Setzen wir darin z. B. die Entfernung des Mondes von der Erde $r = 1$, $R = 400$, so berechnet sich

$$M = \frac{64000000\ t^2}{T^2} \cdot m = 358000 \text{ (annähernd)},$$

d. h. die Masse der Sonne beträgt das so vielfache von der Erdmasse.

Z. B. soll das Verhältnis der Masse eines Jupiterssatelliten zur Masse seines Hauptplaneten gefunden werden, wenn von jenem gegeben sind $T = 16{,}689$ d, $R = 252064$ Ml.

Soll das Verhältnis der Massen m_1 und m_2 zwischen zwei Hauptplaneten gefunden werden, so erhalten wir mit Anwendung obiger Gleichungen:

$$G_1 = \frac{4\pi^2 R_1}{T_1^{\,2}} = \frac{M m_1}{R_1^{\,2}},$$

$$G_2 = \frac{4\pi^2 R_2}{T_2^{\,2}} = \frac{M m_2}{R_2^{\,2}}, \quad \text{woraus folgt:}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{R_1^{\,3} T_2^{\,2}}{R_2^{\,3} T_1^{\,2}}.$$

10. Im Jahre 1882 beträgt am 20. März zur Zeit des Greenwicher Mittags die Rektascension der Sonne 23 h 59 m 14 s, am 21. März 0 h 2 m 52 s; in welchem Augenblicke tritt das Frühlingsäquinoktium ein?

11. Bestimmung des Frühlingsäquinoktiums, vorausgesetzt, daß die Aequatorhöhe A, und die Kulminationshöhen der Sonne h und h_1 an den zwei aufeinanderfolgenden Mittagen, zwischen welchen das Frühlingsäquinoktium eintritt, bekannt sind.

Z. B. sei in Kempten, wo A = 42° 15′ 12″, am 20. März
h = 42° 8′ 39″, und am 21. März
h_1 = 42° 32′ 21″.

12. Bestimmung der Mondparallaxe und der Entfernung des Mondes von der Erde. (Fig. 19)

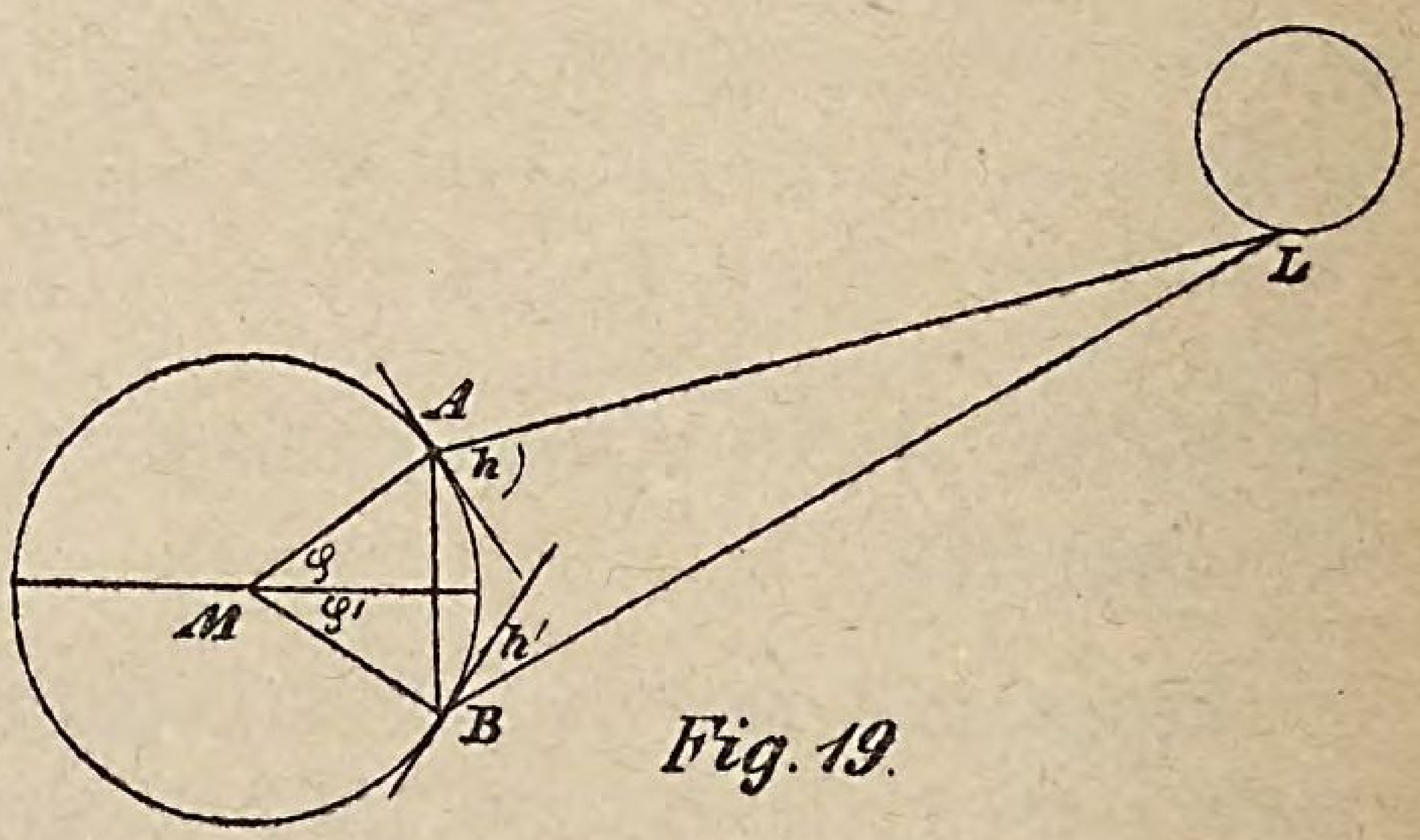


Fig. 19.

Zwei Beobachter A und B beobachten und messen unter demselben Meridiane die Kulminationshöhe des Mondes. Bezeichnen wir die geographischen Breiten der Beobachtungsorte bezüglich mit φ und φ', also deren Abstand in Breite mit $(\varphi \mp \varphi')$, die beobachteten Höhen mit h und h′, so lassen sich offenbar die Dreiecke ABL und ABM, worin AM = BM = r, AB = $2r \sin \frac{1}{2}(\varphi \mp \varphi')$ $\angle AMB = \varphi \mp \varphi'$, $\angle BAL = h + \frac{\varphi \mp \varphi'}{2}$, $LBM = h' + \frac{\varphi \mp \varphi'}{2}$, und somit auch $\vee$ ALB berechnen.

Lalande und Lacaille beobachteten am 6. Dez. 1751 in Berlin und am Kap der guten Hoffnung gleichzeitig die Kulminationshöhen des Mondes. Es ergab sich unter der Voraussetzung, daß $\varphi \mp \varphi' = 86^\circ\ 26'\ 28''$, für den südlichen Mondrand $h = 48^\circ\ 44'\ 16''$, $h' = 43^\circ\ 26'\ 23''$, also $h + h' = 92^\circ\ 37'\ 39''$ gefunden wurde: $ALB = 1^\circ\ 22'\ 5{,}3''$.

Hieraus berechnet sich der Winkel, unter welchem vom Monde aus der Halbmesser der Erde gesehen wird, auf $\pi = 0^\circ\ 58'\ 44{,}2''$.

Ist die Horizontalparallaxe des Mondes π gefunden, so berechnet sich die Entfernung e aus der Gleichung

$$e = \frac{\varrho}{\sin \pi}.$$

13. Bestimmung einer Sonnenparallaxe und der Sonnenferne. Die vorhin angegebene Methode zur Bestimmung von Parallaxen führt, wenn man sie auf die Sonne anwendet, zu keinem sicheren Ergebnis, weil der Winkel an derselben zwischen den beiden Gesichtslinien so klein wird, daß die unvermeidlichen Beobachtungsfehler beinahe soviel als der gesuchte Winkel selbst betragen. Man ist also auf eine größere Basis der Messung angewiesen.

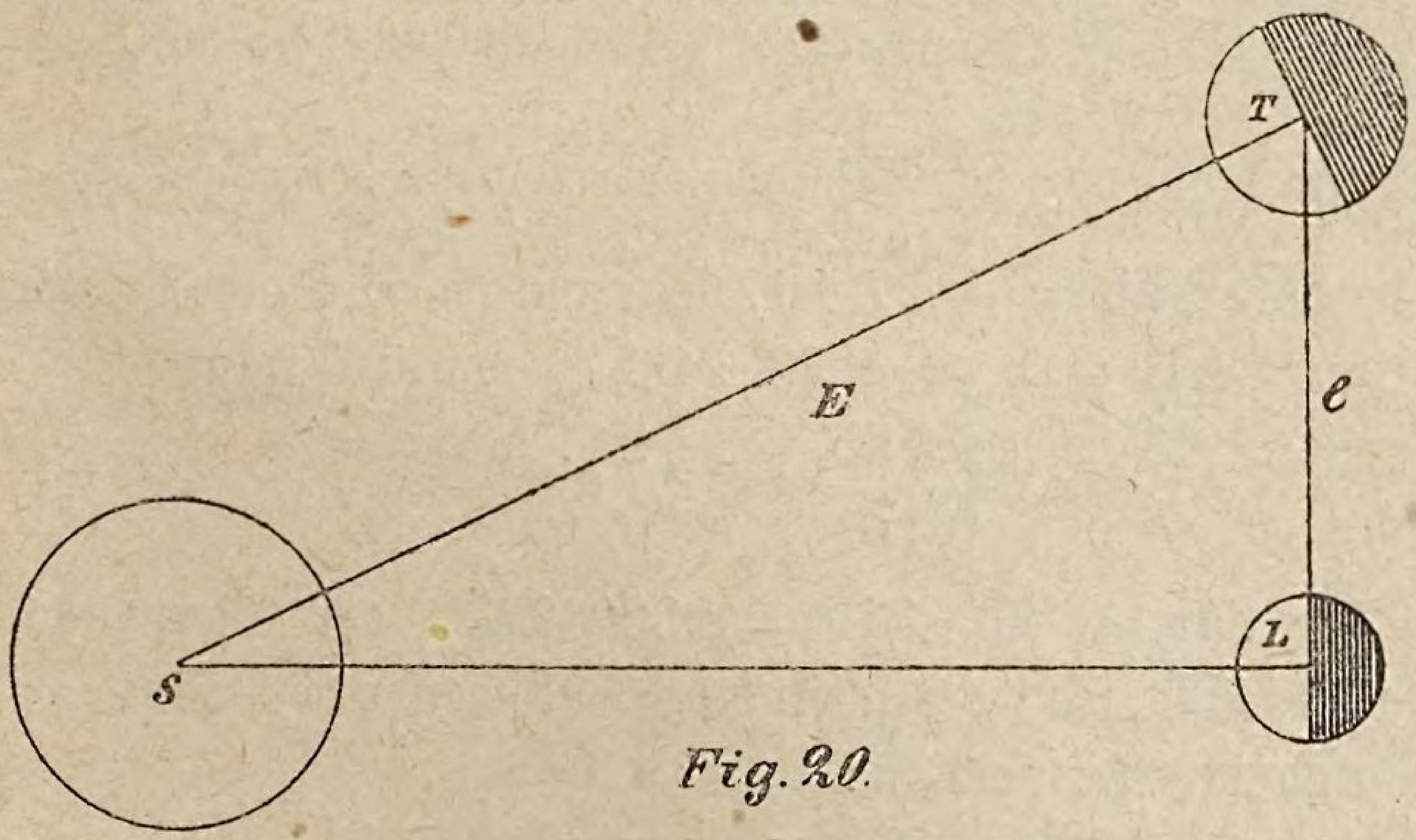


Fig. 20.

a) Direkte Bestimmung der Sonnenferne unter der Voraussetzung, daß die Entfernung des Mondes von der Erde bekannt ist. In dieser Beziehung hat schon Aristarchus aus Samos um 280 v. Ch. darauf aufmerksam gemacht, daß in dem Augenblicke, in welchem von der Erde aus der Mond zur Hälfte beleuchtet erschiene, in dem Dreiecke SLT der Fig. 20 der Winkel L ein rechter sein müsse.

Demnach wäre $< LTS$ durch Beobachtung zu bestimmen und die Entfernung der Sonne E von der Erde mit der Formel zu berechnen:

$$E = \frac{e}{\cos LTS}.$$

b) Aus der Beobachtung von Merkurs- oder Venus-Durchgängen. Fig. 21.

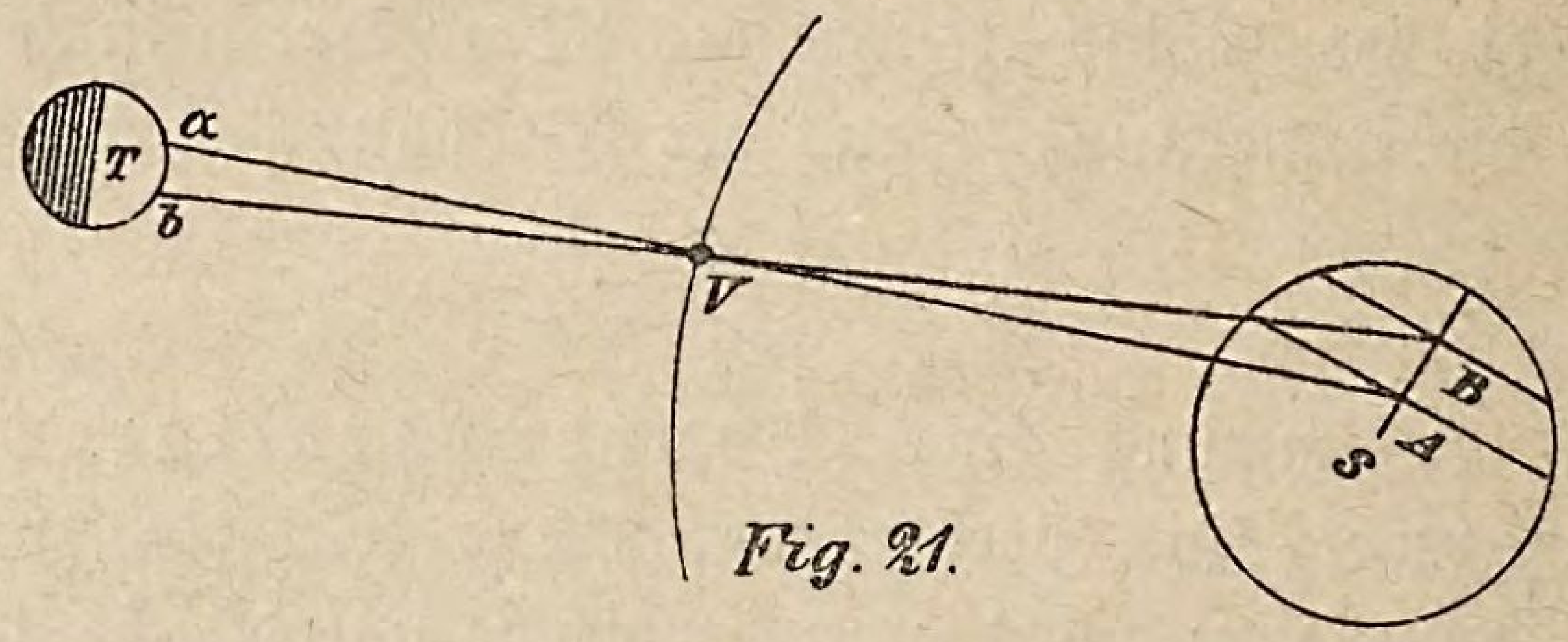


Fig. 21.

Angenommen, der Beobachter in a sehe den Venusdurchgang in der Sehne A und jener in b in der Sehne B vor sich gehen, so wird man aus der Vergleichung der beiderseits beobachteten Zeitdauer des Durchganges sowohl die Längen der Sehnen als auch deren Abstand von dem Mittelpunkte der Sonne berechnen können. Angenommen, das Verhältnis des Abstandes der Venus von der Sonne zum Abstande der Erde von der Sonne betrage $\frac{15}{20,5} = 0,73$, und daß daher ab = 0,27 sei, so erhalten wir die Proportion:

$$AB : ab = 0,73 : 0,27, \text{ woraus folgt}$$

$$AB = \frac{0,73\, ab}{0,27} = 2,7\, ab.$$

Ist nun z. B. AB = 2300 Ml., der Sonnenhalbmesser r = 96350 Ml. und der scheinbare Halbmesser der Sonne $\alpha = 16'$, so gilt auch die Proportion:

$$r : AB = 16 : x, \text{ woraus}$$

$$x = \frac{16 \cdot AB}{r} = \frac{16 \cdot 2300}{96350} = 0,38' = 22,8''.$$

Es würde also von der Sonne aus die Sehne ab = 852 Ml. unter einem Winkel $\frac{22,8}{2,7} = 8,05''$ gesehen werden.

Dies gibt also für den Halbmesser = 858 Ml. eine Parallaxe $\pi = 8,11''$.

14. Berechnung der Entfernung e und des Halbmessers r eines Gestirnes, wenn die Horizontalparallaxe π und die scheinbare Größe des Halbmessers α gegeben ist. Fig. 8.

Es ist einerseits $\varrho = e \sin \pi$, woraus $e = \frac{\varrho}{\sin \pi}$,

anderseits $r = e \sin \alpha$, „ $r = \frac{\varrho \sin \alpha}{\sin \pi}$.

Z. B. ist a) am 17. Mai 1882 zur Zeit der totalen Sonnenfinsternis

für den Mond: $\pi = 58' 17''$, $\alpha = 15' 54''$, und
für die Sonne: $\pi = 8{,}6''$, $\alpha = 15' 50''$;

b) am 18. November 1882 zur Zeit der ringförmigen Sonnenfinsternis

für den Mond: $\pi = 55' 17''$, $\alpha = 15' 6''$, und
für die Sonne: $\pi = 8{,}6''$, $\alpha = 16' 6''$;

c) war am 16. Dezember 1880 zur Zeit der totalen Mondfinsternis

für den Mond: $\pi = 54' 4''$, $\alpha = 14' 45''$,
für die Sonne: $\pi = 8{,}''6$, $\alpha = 16' 17''$;

man soll für die genannten Zeitpunkte die Entfernungen und die Halbmesser von Mond und Sonne berechnen.[1])

15. Bestimmung der Kernschattenlänge l des Mondes (der Erde) und des wahren Halbmessers y des Schattenkegels in der Entfernung x von dem Mondmittelpunkte. Fig. 22.

Bezeichnen wir den Halbmesser des schattenwerfenden Körpers mit r, jenen der Sonne mit R, die Entfernung der beiden Körper mit e, so gilt offenbar die Proportion:

$$\frac{R}{r} = \frac{e + l}{l}, \text{ woraus}$$

$$l = \frac{er}{R - r}.$$

1) Die Rechnungen geben namentlich für den Sonnenhalbmesser ungleiche Ergebnisse (r = 94970 — 97700 Ml.). Dieselben haben ihren Grund in dem Spielraume der unvermeidlichen Fehler. Abgesehen davon haben wir eine konstante mittlere Sonnenparallaxe $\pi = 8{,}6''$ angenommen, obschon dieselbe im Verhältnisse des scheinbaren Halbmessers entweder größer oder kleiner angenommen werden sollte. In der Folge soll der Halbmesser der Sonne = 96000 Ml. und jener des Mondes = 234 Ml. angenommen werden.

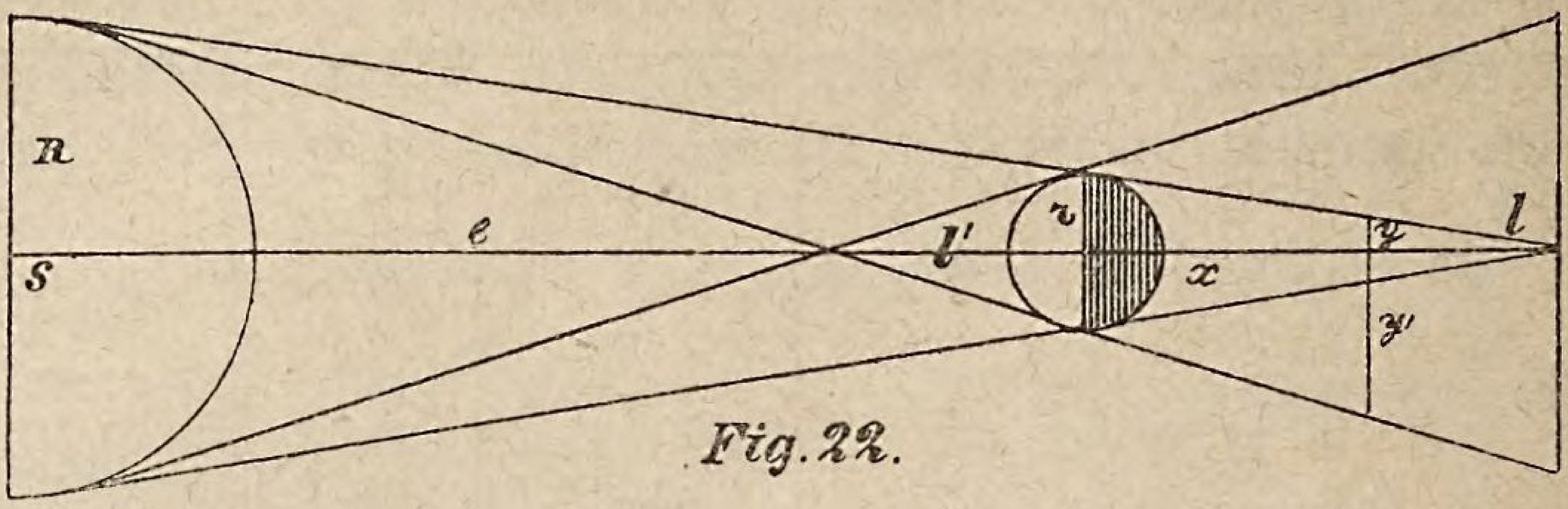


Fig. 22.

Der Halbmesser y des Kernschattenkegels in der Entfernung x ergibt sich aus der Proportion:

$$\frac{r}{y} = \frac{l}{l - x}, \text{ woraus}$$

$$y = \frac{r(l - x)}{l} = \frac{er - x(R - r)}{e}.$$

Ebenso erhalten wir für den Halbmesser y_1 des Halbschattens die Proportion

$$\frac{r}{y_1} = \frac{l_1}{l_1 + x}, \text{ woraus}$$

$$y_1 = \frac{r(l_1 + x)}{l_1} = \frac{er + x(R + r)}{e}.$$

Obige Gleichungen sollen angewendet werden

a) auf den Mondschatten während der totalen Sonnenfinsternis am 17. Mai 1882.

b) auf den Mondschatten der ringförmigen Sonnenfinsternis am 18. November 1882.

c) auf den Erdschatten bei der totalen Mondfinsternis am 16. Dezember 1880. (Aufg. 14).

16. Die Zenithdistanzen zweier Beobachtungspunkte A und B von einem Punkte C aus seien bezüglich a = 76° 45′, b = 89° 21′ und der Winkel zwischen den Visierlinien c = 56° 41′; es soll der Winkel auf den Horizont reduziert werden.

Der gesuchte Winkel ist der Winkel C eines sphärischen Dreieckes, in welchem die Seiten a, b, c sind.

17. Wie groß ist der Bogenabstand zwischen der Mündung des Amazonenstroms, der sich unter dem Aequator in 33° w. L. ins Meer ergießt, von irgend einem Orte, dessen geographische Lage in der nachfolgenden Tafel gegeben ist? z. B. von London (Greenwich), Batavia u. s. f.

Name des Ortes	Geographische n. Breite	ö. Länge	Name des Ortes	Geographische n. Breite	ö. Länge
Abo	60°26′57″	39°56′45″	Madrid	40°24′30″	13°58′23″
Augsburg	48 21 46	28 34 27	Melbourne	−37 49 53	163 38 20
Bamberg	49 53 28	28 32 46	München	48 8 45	29 16 15
Batavia	− 6 7 37	124 27 49	Nürnberg	49 26 55	28 44 0
Berlin	52 30 17	31 3 30	Paris	48 50 13	20 0 0
Buen. Ayres	−34 35 26	319 8 45	Passau	48 34 38	31 7 51
Freising	48 24	29 27	Petersburg	59 56 30	47 58 2
Genf	46 11 59	23 49 10	Philadelphia	35 57 8	302 30 3
Greenwich	51 28 38	17 39 38	Regensburg	49 0 53	29 46 0
Heidelberg	49 25	26 21	Rom	41 53 54	30 8 41
Kapstadt	−33 56 3	36 8 23	Speyer	49 18 55	26 6 8
Kempten	47 44 48	27 58 30	Stuttgart	48 46 15	26 50 45
Landau (Pf.)	49 11 49	25 46 32	Wien	48 12 36	34 2 36
Landshut	48 33	29 47	Würzburg	49 46 6	27 35 15

18. Man soll die kürzeste Entfernung von zwei Städten bestimmen, deren geographische Lage oben gegeben ist, z. B. die Entfernung zwischen Madrid und Kapstadt.

19. Die Flächen zwischen je drei der oben genannten Städte zu berechnen, z. B. die Fläche zwischen Paris, Wien und Rom.

20) Wie groß ist die geradlinige Entfernung zweier Orte von gleicher geographischer Breite φ und der Längendifferenz δ, und um wie viel ist sie vom Bogenabstande verschieden?

21. Wie lange dauert der längste Tag für einen der oben bezeichneten Orte auf der Erdoberfläche, die Ekliptikschiefe zu 23° 29′ genommen? z. B. für Berlin, Abo 2c. — Zuerst allgemeine Lösung mit Hilfe des sphärischen Dreiecks PZH, worin die drei Seiten gegeben, sodann h = 0 zu setzen.

22. Wie lange dauert der Tag am 1. jedes Monats in Kempten, Abo u. s. f.? Der Stand der Sonne ist aus der nachfolgenden Tabelle zu nehmen.

Monat	Sonne R. A.	Sonne Dekl.	Mond R. A.	Mond Dekl.	Venus R. A.	Venus Dekl.
Januar	$18^h48^m\ 2^s$	−22°59′39″	$4^h22^m31^s$	+21°41′29″	$17^h55^m15^s$	−23°21′52″
März	22 49 16	− 7 30 26	8 14 58	+15 27 24	22 59 15	− 8 2 26
Mai	2 34 12	+15 7 47	13 6 45	−10 46 30	3 44 44	+20 1 53
Juli	6 41 17	+23 6 50	18 53 57	−19 17 52	9 1 13	+18 49 21
Sept.	10 42 3	+ 8 14 5	1 47 38	+13 17 44	13 25 54	−10 21 4
Novbr.	14 26 22	−14 30 2	7 41 15	+16 36 24	17 7 11	−27 59 58

23. Bestimmung der Zeit des Aufganges und der Kulmination des Mondes und der Venus am 1. der oben genannten Monate.

24. Welche Höhe hat die Sonne am 1. jedes Monats 10^h morgens u. 4^h nachmittags in Nürnberg, am Nordkap u. s. f.? Lösung mit Hilfe des sphärischen Dreiecks PZH, worin zwei Seiten und der davon gebildete Winkel gegeben.

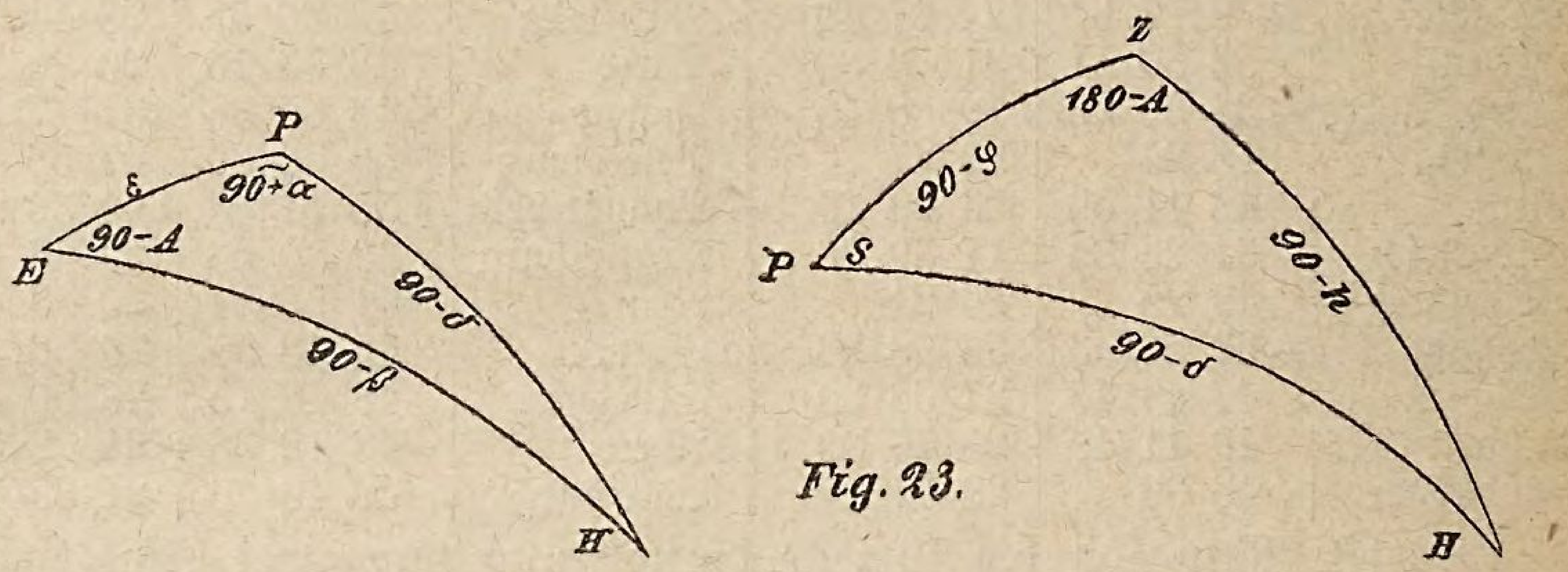


Fig. 23.

25. Welche Neigung hat eine schiefe Ebene in der Breite von 40°, welche zur Zeit der Aequinoktien oder zur Zeit des Sommersolstitiums morgens $7\frac{1}{2}^h$ schattenlos ist?

Die gesuchte Neigung ist das Komplement der Sonnenhöhe.

26. Aus der Rektascension α und Deklination δ eines Sternes die Länge λ und Breite β desselben zu bestimmen. Zuerst allgemeine Formel, dann beliebige Beispiele für die nachbenannten Fixsterne. — Anwendung des sphärischen Dreiecks EPH.

Die Rektascensionen sind in Zeit gegeben und sollen vor der Einführung in die Rechnung in Winkel verwandelt werden.

Name des Sternes	Rektascension	Deklination
Ursae min. α (Polaris)	1^h 11^m 17^s	88° 36′ 58″
Andromedae α	0 1 40	28 22 22
Cassiopejae α	0 33 9	55 49 27
Arietis α	1 59 51	22 50 48
Persei α	3 15 3	49 23 45
Tauri α (Aldebaran)	4 28 28	16 14 45
Aurigae α (Capella)	5 7 5	45 57 45
Orionis α (Beteigeize)	5 48 8	7 22 49
Can. maj. α (Sirius)	6 39 25	— 16 32 24
Geminor. α (Castor)	7 26 18	32 10 15
Can. min. α (Procyon)	7 32 30	5 33 21
Leonis α (Regulus)	11 42 26	15 17 56
Virginis α (Spica)	13 18 21	— 10 25 55
Bootis α (Arcturus)	14 9 44	19 51 38

27. Aus der astronomischen Länge λ und Breite β die Rektascension und Deklination eines Gestirnes abzuleiten.

28. Bestimmung des Tages, an welchem an einem Orte mit der geographischen Breite φ der Polarregion der sogenannte ewige Tag beginnt.

Aus dem Dreiecke PZH ergeben sich zunächst die Gleichungen:

$$\sin h = \sin d \sin \varphi + \cos d \cos \varphi \cos s,$$
$$\sin d = \sin \varphi \sin h - \cos \varphi \cos h \cos A,$$

worin h = 0 zu setzen, in welchem Falle s in den halben Tagbogen und A in das Azimut des Aufgangspunktes übergeht. Es ist dann

$$\cos s = - \tang \varphi \tang d,$$
$$\sin d = - \cos \varphi \cos A.$$

Setzt man in der ersten Gleichung s = 180°, so ergibt sich

$$\tang d = \cot \varphi,$$

d. h. die Sonne geht von demjenigen Tage an, in welchem sie die Deklination d = (90 — φ) überschreitet, nicht mehr unter. Es wäre nun noch der Tag zu bestimmen, an welchem dies stattfindet.

29. Allgemeine Vorausbestimmung einer Sonnenfinsternis.

Zur Vorausbestimmung des Eintrittes einer Sonnen- oder Mondfinsternis bedient man sich der Ephemeriden oder astronomischen Tafeln. Diese enthalten für alle Tage des Jahres und zugleich auch für alle Stunden des Tages die entweder für den Erdmittelpunkt oder für irgend eine Sternwarte vorausberechneten sphärischen Coordinaten von Sonne und Mond und zwar entweder die Rektascension und Deklination oder astronomische Länge und Breite. Durch Vergleichung der beiderseitigen Längen wird man im Stande sein, die Zeitpunkte der eintretenden Konjunktion und Opposition der beiden Himmelskörper zu bestimmen. Für den Erdmittelpunkt wird nun eine Sonnenfinsternis eintreten, wenn die astronomische Breite des Mondes zur Zeit der Konjunktion kleiner ist als die Summe der beiden scheinbaren Halbmesser, und eine Mondfinsternis, wenn die Breite des Mondes zur Zeit der Opposition kleiner ist als die Summe der scheinbaren Halbmesser des Mondes und des scheinbaren Halbmessers des Kern- und beziehungsweise Halbschattenkegels der Erde.

Zur Vorausbestimmung einer Sonnenfinsternis denken wir uns (Fig. 24) die Konstellation der drei beteiligten Himmelskörper zur Zeit des Neumondes auf die Ebene der Ekliptik projiziert, und die Sonne stille stehend, während der Mond mit dem Ueberschusse seiner Geschwindigkeit (relative Geschwindigkeit) von oben nach unten (W gegen O) sich bewegt. In dem Augenblicke, in welchem der Ostrand des Mondes den Strahl FE berührt, beginnt für den Punkt E eine partielle Verfinsterung. Dieselbe wird für denselben central, wenn der Mondmittelpunkt in B den Strahl ES erreicht hat, und wird als solche total, wenn s > S, und ringförmig, wenn s < S ist.

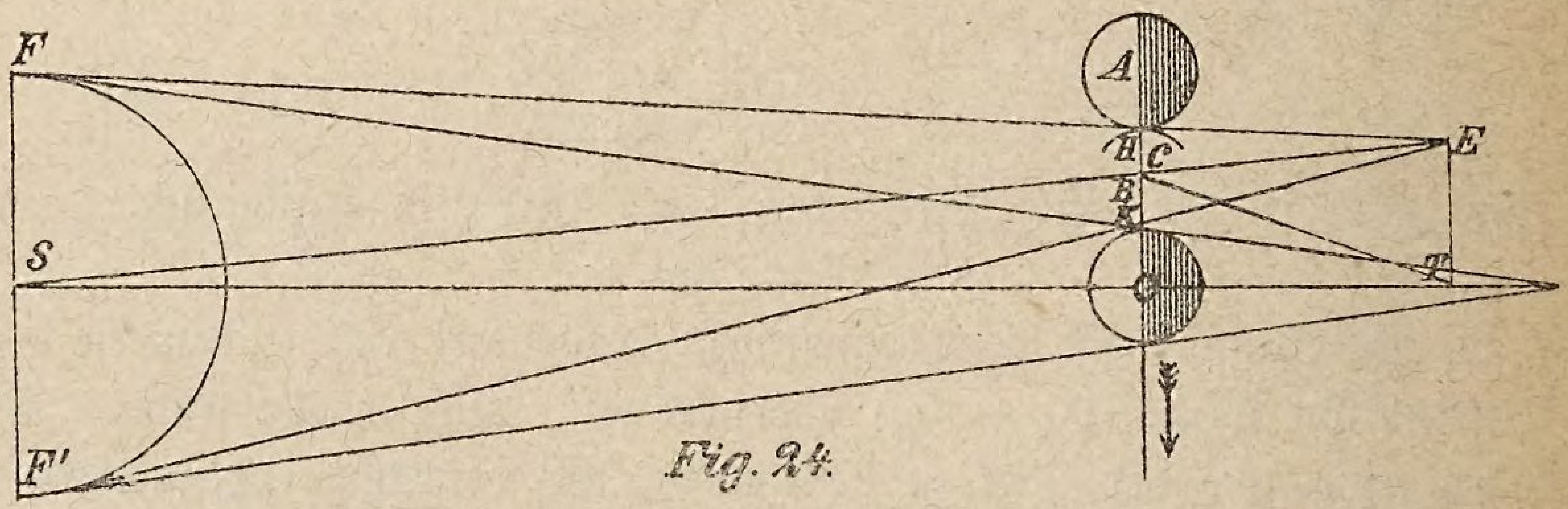


Fig. 24.

Die erste von diesen Phasen beginnt in dem Augenblicke, in welchem der östliche Mondrand den Strahl EF' berührt in dem Punkte K, und die zweite, wenn unter der entsprechenden Voraussetzung der westliche Mondrand den Strahl EF überschreitet.

Würde sich der Mond in der Ebene der Ekliptik bewegen, so würden bei jedem Neumonde die beiden ersten und eine der zwei letzten Phasen eintreten. Da nun jenes nicht der Fall ist, so werden die genannten Phasen nur eintreten können, wenn der Neumond in der Nähe eines Knotens sich befindet und die Annäherung des Mondmittelpunktes an die Centrallinie ST bezüglich AO, BO, CO, DO beträgt.[1]) Denken wir uns jetzt den der Erde zugewendeten Lichtkegel in dem Punkte O vertikal durchschnitten und die Schnittfläche in die Ebene umgelegt, so wird in Fig. 25. der Kreis mit dem Halbmesser AO den Schnitt des Lichtkegels und A☊ etwa die Bahn des Mondes zur Zeit der Sonnenfinsternis darstellen. In dem Augenblicke, in welchem der Mond den Licht-

1) D ist in der Fig. 24 nicht ausdrücklich bezeichnet; dieser Punkt liegt sowie auch der Punkt C etwas oberhalb B.

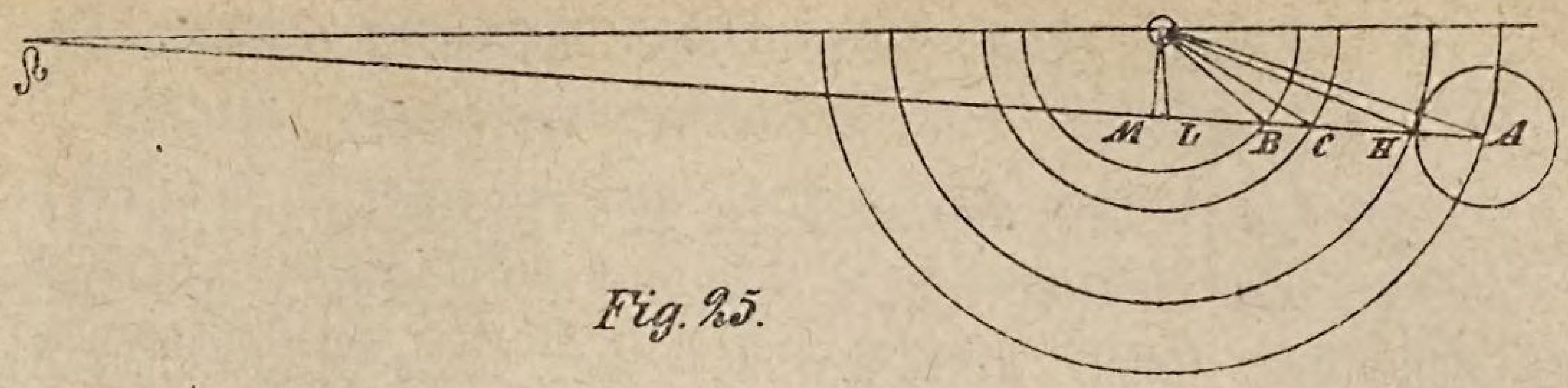


Fig. 25.

kegel in H berührt, wird die Finsternis überhaupt beginnen; die centrale Phase beginnt, wenn der Mittelpunkt des Mondes den Kreis mit dem Halbmesser BO erreicht hat. Die Senkrechte MO bestimmt die Mitte der Finsternis, und deren Verhältnis zu den scheinbaren Abständen des Mondes von dem Mittelpunkt der Sonne die Möglichkeit einer Sonnenfinsternis überhaupt und zugleich auch die Art und Größe derselben. Die genannten Abstände nennt man deswegen die scheinbaren Halbmesser der verschiedenen Phasen der Finsternis. Zur Bestimmung derselben haben wir Fig. 24:

$BO = BTO = EBT - EST = P - p$, der Halbmesser der centralen Finsternis,

$AO = AH + BH + BO = s + S + P - p$, der Halbmesser der partialen Finsternis,

$CO = BO - BC = P - p - s + S$ (wobei $s > S$), der Halbmesser der totalen Finsternis,

$DO = BO + BD = P - p - s + S$ (wobei $s < S$), der Halbmesser der ringförmigen Finsternis.

Das sphärische Dreieck LO☊, worin LO die astronomische Breite des Neumondes, L☊ die Entfernung des Mondes vom Knoten und ☊ die Neigung der relativen Bahn zur Ekliptik, enthält ein Größenverhältnis, welches bis zu einem gewissen Werte die Gewißheit, Möglichkeit oder Unmöglichkeit des Eintrittes einer Sonnenfinsternis angibt. Es ist in der Gleichung

$$\sin L\Omega = \frac{\sin LO}{\sin \Omega}$$

enthalten, und es wird der hiedurch bestimmte Bogen L☊ gewöhnlich Argument der Breite genannt.

Was die Dauer einer Finsternis anbelangt für einen Erdbewohner E, der während der Finsternis von der Geraden OS getroffen wird, so ergibt sich dieselbe leicht aus der Fig. 24. Sie läßt sich durch die Summe $2BH + 2AH = 2(S + s)$ darstellen. Ebenso ist die Dauer der totalen ausgedrückt durch $2(S - s)$ u. s. f. Die centrale Phase besteht für E nur einen Augenblick.

30. Allgemeine Vorausbestimmung einer Mondfinsternis.

Zur Vorausbestimmung einer Mondfinsternis denken wir uns wieder den Schattenkegel der Erde mit der Sonne stille stehend, und denselben sowie auch den in seiner Nähe befindlichen Mond auf die Ebene der Ekliptik projiciert. Fig. 26. Bei der daselbst

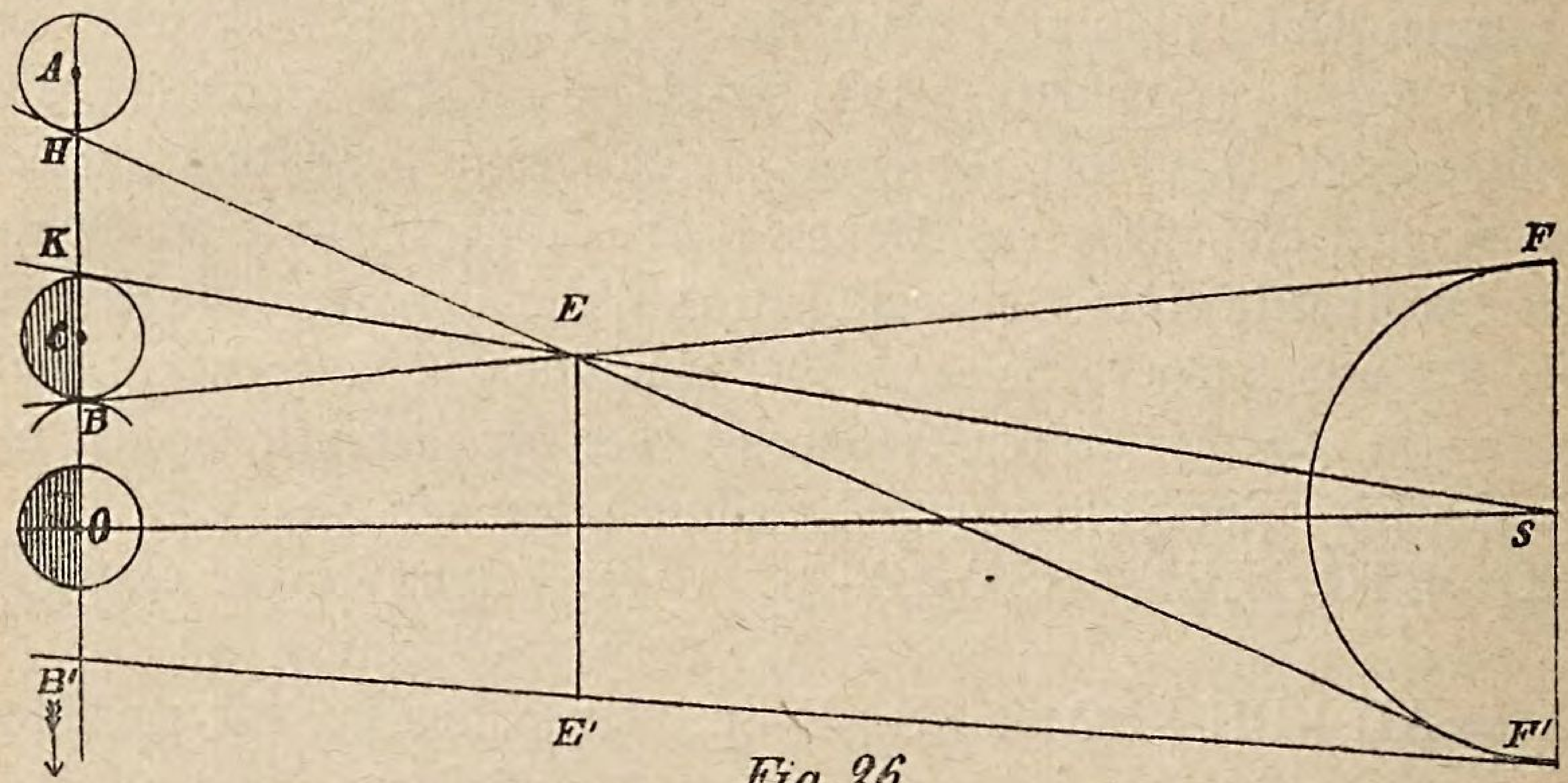


Fig. 26

angedeuteten Konstellation bewegt sich der Mond wieder von oben nach unten (von W nach O). In dem Augenblicke, in welchem der Mond den Halbschattenkegel in dem Punkte H berührt, tritt er in den Raum, in welchem er zwar in seiner ganzen Fläche, aber nur mehr von einem Teile der Sonnenoberfläche beleuchtet wird, so daß die nunmehrige Beleuchtung des Mondes weniger intensiv erscheint. Diese Phase der Finsternis wird gewöhnlich nicht in Betracht gezogen; man könnte sie mit der Phase der Erblassung bezeichnen. Die partiale Finsternis beginnt, wenn der östliche, und die totale, wenn der westliche Mondrand bei B die Grenze des Kernschattens der Erde überschreitet. Da der scheinbare Durchmesser BB' desselben etwa dreimal größer ist als jener der Sonne, so ist es klar, daß die totale Mondfinsternis viel häufiger vorkommt als die totale Sonnenfinsternis, und daß sie gewöhnlich auch eine viel längere Dauer hat. Sollen nun die oben bezeichneten Phasen einer Mondfinsternis wirklich eintreffen, so muß offenbar die Entfernung des Mondmittelpunktes von der Achse des Schattenkegels bezüglich kleiner sein als die scheinbaren Größen AO, CO und DO. Diese Größen nennen wir wieder die scheinbaren Halbmesser der oben angegebenen Phasen der Finsternis. Legen wir wieder den senk-

rechten Durchschnitt des Schattenkegels der Erde in die Ebene um, so erhalten wir weitere Anhaltspunkte für die genauere Bestimmung der Finsternis (Fig. 27). Bezeichnet A☊ die relative Bahn des Mondes zur Zeit des Vollmondes, so beginnt, wenn der Mondmittelpunkt den Punkt A überschritten hat, die Phase der Erblassung bei dem Punkte C die partiale und bei D die totale Finsternis. Ist OM $\perp$ A☊, so zeigt M die Mitte der Finsternis an.

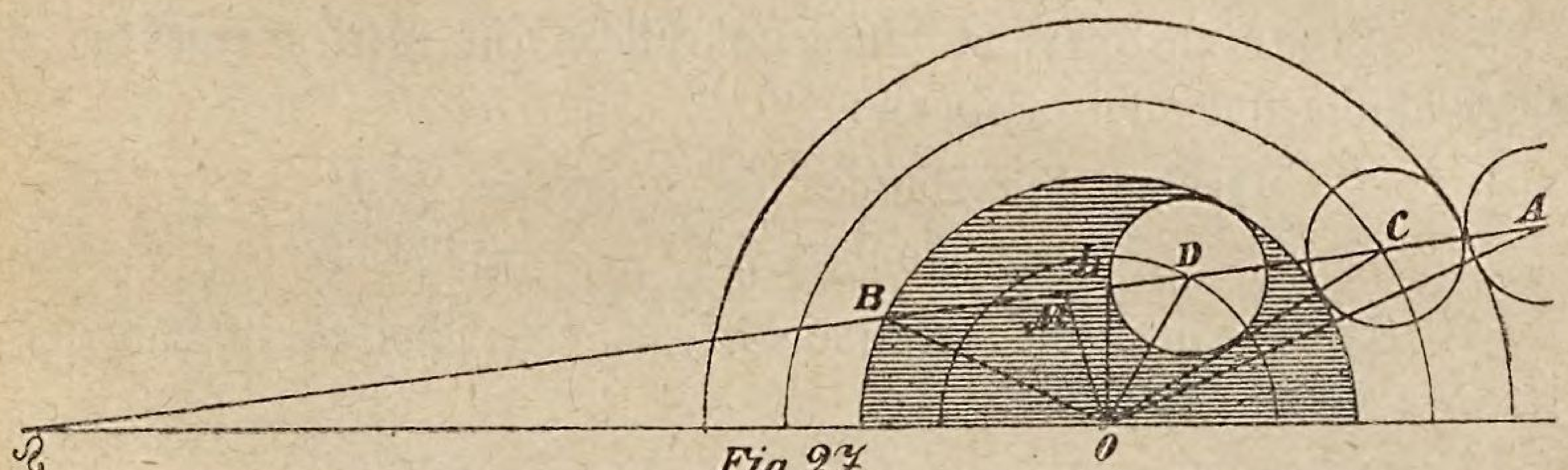


Fig 27.

Zur Bestimmung der scheinbaren Halbmesser der verschiedenen Phasen der Finsternis haben wir nach Fig. 26

$AO = AH + HK + KO = AEH + FES + KEO = s + S + P + p$, der scheinbare Halbmesser der Erblassungsphase,

$BO = KO - KB = KEO - S = P + p - S$, der scheinbare Halbmesser des Kernschattens,

$CO = CB + BO = s + P + p - S$, der scheinbare Halbmesser der partialen Finsternis,

$DO = BO - DB = P + p - S - s$, der scheinbare Halbmesser der totalen Finsternis.

Wie bei der Sonnenfinsternis, so gibt auch bei der Mondfinsternis das sphärische Dreieck OM☊ das Verhältnis

$$\sin L\Omega = \frac{\sin LO}{\sin \Omega},$$

das Argument der Breite des Vollmondes, aus dessen Wert die Gewißheit, Möglichkeit oder Unmöglichkeit einer eintretenden Mondfinsternis vorausbestimmt werden kann. Dasselbe erreicht man auch mit der Berechnung der Senkrechten MO. Beträgt dieselbe mehr als die Summe des scheinbaren Halbmessers des Schattenkegels und des Mondhalbmessers, so ist keine, und ist sie kleiner als diese Summe, so findet immer eine Mondfinsternis statt. Die Dauer der Mondfinsternis für einen Punkt E der Erdoberfläche ist abgesehen von der Phase der Erblassung dargestellt durch den

Weg 2CO, und jene der totalen Finsternis durch die Strecke 2DO, und sie ergibt sich aus den Gleichungen:

$$2CO = (s + S') \text{ und}$$

$2DO = (S' - s)$, worin S' den scheinbaren Halbmesser des Schattenkegels bezeichnet.

31. **Berechnung der totalen Sonnenfinsternis am 17. Mai 1882.**

Aus dem astronomischen Jahrbuche für Berlin ergeben sich die nachfolgenden Hilfsgrößen:

Geschw. der Sonne in Länge = 24,1″
„ des Mondes „ „ = 343,5″

Es ist also die relative Geschw. des Mondes in Länge in 10 m Zeit = 319,4″.

Geschw. des Mondes in Breite = — 31,7″.

Hieraus berechnet sich die Neigung γ' der relativen Bahn zur Ekliptik und die Geschw. des Mondes in seiner relativen Bahn:

$$\text{tang } \gamma' = \frac{31,7}{319,5}, \quad \gamma' = 5^0\, 39'\, 56'',$$

relat. Geschw. = 320,9″.

Außerdem finden wir im Jahrbuche für die Zeit der Konjunktion:

$$s = 15'\, 54'', \qquad S = 15'\, 50'',$$
$$P = 58'\, 17'', \qquad p = 8,6''.$$

Wir haben also zur Bestimmung der Phasen der Finsternis folgende Größen:

$$AO = s + S + P - p = 89'\, 52,4'' = 5392,''4$$
$$BO = P - p = 58'\, 8,4'' = 3488,''4$$
$$CO = P - p - s + S = 58'\, 4,4'' = 3484,''4$$

Schon aus der Breite des Mondes im Augenblicke der Konjunktion $LO = 19'\, 17,''1$, die daher kleiner ist als die Halbmesser der Verfinsterungsphasen, ergibt sich, daß die letztere im gegebenen Falle auch wirklich eintreten muß.

Wir erhalten nun aus den sphärischen Dreiecken L☊O und MOL,[1]) worin O☊ eine Strecke der Ekliptik und L☊ die ent-

---

1) Dieselben können, wenn man auf die äußerste Genauigkeit verzichtet, als ebene Dreiecke betrachtet werden.

sprechende relative Bahn des Mondes darstellt, und worin LO und γ' bekannt,

$$MO = LO \cos \gamma' = 1151,''4,$$
$$ML = LO \sin \gamma' = 114,''3,$$
$$AM = 5268'', \text{ aus AO und MO},$$
$$BM = 3293'' \text{ „ BO „ MO},$$
$$CM = 3289'' \text{ „ CO „ MO}.$$

Da nun bei der berechneten Geschwindigkeit des Mondes in der relativen Bahn ML in 3,6 m, AM in 164,2 m, BM in 102,6 m und CM in 102,5 m zurückgelegt werden, und der Mond im Augenblicke der Konjunktion den Knotenpunkt noch nicht überschritten hat, so fällt die Mitte der Finsternis 3,6 m nach der Konjunktion, also in die Zeit 20 h 31 m,

ferner der	Anfang	der	partialen Finsternis	auf	17 h	46 m,
„	„	„	totalen „	„	18 h	47,8 m,
„	„	„	centralen „	„	18 h	48 m,
das	Ende	„	centralen „	„	22 h	13 m,
„	„	„	totalen „	„	22 h	13,2 m,
„	„	„	partialen „	„	23 h	15 m.

Diese Zeitangaben entsprechen in bürgerlicher Berliner Zeit: 17. Mai 5 h 46 m bis 11 h 15 m vormittags.

Zur Bestimmung der Landstriche, in welchen diese Finsternis sichtbar ist, bestimmen wir vorerst den Meridian, über welchem die Sonne im Augenblicke der Mitte der Finsternis kulminiert, und zugleich den Punkt, welcher bei der Kulmination der Sonne dieselbe im Zenith hat. Dieser Punkt liegt, entsprechend der Berliner Zeit 20 h 31 m, 46° 56′ östlich von Berlin und hat eine geographische Breite gleich der Deklination der Sonne d = 19° 21. Dieser Ort befindet sich unter dem Meridiane des Aralsees und arabischen Meerbusens und würde in die Gegend von der Ostspitze von Arabien fallen, wenn sich der Mond eben in der Ekliptik befände. Da aber dessen Breite zur Zeit der Konjunktion 19′ 17″ beträgt, so fällt, weil P = 58′, die Mitte der centralen Finsternis etwa $\frac{1}{5}\frac{9}{8}$ Teile des Erdhalbmessers d. i. etwa 19° nördlicher, also in die Gegend von Herat (Grenze von Afghanistan und Iran). Da der Halbmesser des Kernschattens etwa 4,7 und jener des Halbschattens 273 Ml. beträgt, so können offenbar die denselben entsprechenden Phasen gleichzeitig nur innerhalb der durch diese Halbmesser bestimmten Kreise beobachtet werden. Es läßt sich dieser Landstrich

genauer nur durch umständliche Berechnung ermitteln, annäherungsweise aber auch mit dem Erdglobus. Gleiches gilt für die Ortsbestimmungen während des Verlaufes der Finsternis vor und nach der Mitte derselben. Benützen wir den Erdglobus, so suchen wir für den Beginn und das Ende einer jeden Phase die Orte, welche jedesmal die Sonne im Zenith haben, und an welchen gleichzeitig die Sonne auf- und untergeht.

Für die oben berechnete Finsternis haben wir zur Zeit des Beginnes der partialen Verfinsterung die Kulmination der Sonne im großen Ocean in einem Meridiane der australischen Inseln, dann für den Augenblick des Beginnes der totalen Finsternis Mittag in China und Hinterindien. Zur Zeit des Endes der totalen Finsternis kulminiert die Sonne in Lemberg, Sizilien und an den Guineaküsten. Der Weg der centralen Finsterniß zieht sich demnach in einer geographischen Breite von etwa 38° nördlich in einer unter $5\frac{1}{2}°$ zur Ekliptik geneigten Linie von der Sahara nach Oberägypten, Nordarabien, Persien bis zum mittelasiatischen Hochlande, und es ist die Phase der totalen Finsternis in einer etwa 9 Ml. und jene der partialen Finsternis in einer etwa 540 Ml. breiten Zone sichtbar.

32. Berechnung der ringförmigen Sonnenfinsternis am 10. November 1882.

Aus den Ephemeriden ergeben sich folgende Größen:

Geschw. der Sonne in der Ekliptik $= 25,''2$

„ des Mondes in Länge $= 309,''5$.

Hieraus ergibt sich die relative Geschw. des Mondes $= 284,''3$, ferner ist die Geschw. des Mondes in Breite $= - 28,7$. Hieraus berechnet sich die Neigung der relativen Bahn zur Ekliptik mittelst der Gleichung:

$$\text{tang}\ \gamma' = \frac{28,7}{284,3},\quad \gamma' = 5^{\circ}\ 47'\ 37''.$$

Die Geschw. des Mondes in der relativen Bahn $= 285,''7$. Außerdem finden wir für die Zeit der Finsternis:

$$s = 15'\ 6'',\quad S = 16'\ 11'',\quad P = 55'\ 17'',\quad p = 8,''6.$$

Wir erhalten daher zur Bestimmung der Phasen:

$$AO = s + S + P - p = 86'\ 25,''4 = 5185,''4$$

$$BO = P - p = 55'\ 8,4 = 3308,''4$$

$$DO = P - p - s + S = 56'\ 13,4 = 3373,4$$

Aus der Breite des Mondes im Augenblicke der Konjunktion $= - 0^\circ\, 12'\, 8''$, die bedeutend kleiner ist als die oben berechneten Halbmesser der Verfinsterungsphasen, ergibt sich, daß dieselben auch wirklich eintreten. Wir erhalten nunmehr aus den rechtwinkligen sphärischen Dreiecken L☊O und MOL, worin OL und γ' bekannt:

$$MO = LO \cos \gamma' = 724,''2,$$
$$ML = LO \sin \gamma' = 73,''5,$$
$AM = 5134{,}5''$, aus AO und MO,
$BM = 3228,''2$, aus BO und MO,
$DM = 3294{,}7$, aus DO und MO.

Da nun bei der berechneten Geschwindigkeit des Mondes in der relativen Bahn ML in 2,5 m,
AM „ 179,7 m,
BM „ 113 m,
DM „ 115,3 m

zurückgelegt werden und der Mond im Augenblicke der Konjunktion den Knotenpunkt noch nicht überschritten hat, so fällt die Mitte der Finsternis nach der Konjunktion, also in die Zeit 12 h 16,5 m, ferner fällt

der Anfang	der	partialen Finsternis	auf	9 h 14 m,
„ „	„	ringförmigen „	„	10 h 19 m,
„ „	„	centralen „	„	10 h 21 m,
das Ende	„	centralen „	„	14 h 7 m,
„ „	„	ringförmigen „	„	14 h 9 m,
„ „	„	partialen „	„	15 h 14 m.

Obige Zeitangaben entsprechen in bürgerlicher Zeit
9 h 14 m des 10. Novembers abends bis
3 h 14 m des 11. Novembers morgens.

Die Landstriche, in welchen die Finsternis in den verschiedenen Phasen sichtbar, sollen wie in Aufgabe 31 bestimmt werden.

33. Berechnung der totalen Mondfinsternis am 22. Juni 1880.

Aus den Ephemeriden können folgende Zahlen berechnet werden:

Geschw. des Erdschattens in der Ekliptik für 10m = 26,0''
„ „ Mondes in seiner Bahn = 414,''6
„ „ „ in Länge = 412,''9.

Außerdem $s = 15'\,46''$, $S = 16'\,44''$, $p = 8{,}6''$, $P = 59'\,24''$.

Hieraus ergibt sich die relative Geschwindigkeit des Mondes in Länge = 386,″9.

Aus dieser und jener der Breite = 412,9 tang 5°9′ = 37,″2 berechnet sich die Neigung der relativen Bahn des Mondes zur Ekliptik mittelst der Gleichung:

$$\text{tang}\,\gamma' = \frac{37,2}{386,9'}\ \gamma' = 5^0\ 29'\ 38,''$$

und die Geschw. des Mondes in der relativen Bahn = 388,″6.

Zur Bestimmung der Phasen der Finsternis haben wir nun folgende Größen:

$$AO = s + S + P + p = 5522,''6$$
$$BO = P + p - (S + s) = 1622,''6$$
$$CO = s + P + p - S = 3514,''6$$
$$DO = P + p - S = 2568,''6.$$

Da die Breite des Mondes im Augenblicke der Opposition = — 25′ 38″, kleiner ist als die Halbmesser AO, BO ꝛc., so muß jede Phase der Verfinsterung eintreten. Wir haben nun im rechtwinkligen Dreiecke LO☊, worin $\gamma' = 5^0\ 29'\ 38''$, LO = 1538″,

MO = OL cos γ' = 1531″
ML = OL sin γ' = 147,″3
AM aus AO und MO = 5306″
CM „ CO „ MO = 3163,″6
BM „ BO „ MO = 537,″5.

Bei der berechneten Bahngeschwindigkeit des Mondes = 388,″6 entspricht ML die Zeit von 3,8 m
AM „ „ „ 137 m
CM „ „ „ 81 m
BM „ „ „ 14 m

Es ergibt sich hieraus als Zeitpunkt der Mitte der Finsternis 2 h 38 m + 4 m = 2 h 42 m,
für den Beginn der partialen Finsternis 0 h 16 m,
„ „ „ „ totalen „ 1 h 21 m,
„ das Ende „ „ „ 4 h 3 m,
„ „ „ „ partialen „ 4 h 59.

Obige Zeitangaben entsprechen in bürgerlicher Zeit, da der bürgerliche Tag 12 h früher beginnt als der astronomische Tag, der Zeit 22. Juni 12 h 16 m bis 4 h 59 m nachmittag.

Da die Mondfinsternisse überall, wo gerade der Mond sichtbar ist, gleichzeitig und von gleicher Größe und Dauer gesehen werden, so hat man nur diejenigen Orte zu bestimmen, welche zur berechneten Zeit den Mond in der sichtbaren Hemisphäre haben. Diese Aufgabe kann wieder entweder durch Berechnung oder annähernd mit dem Erdglobus gelöst werden. Für die berechnete Mondfinsternis haben wir zur Zeit des Beginnes der Finsternis Monduntergang in Mittelamerika und im westlichen Nordamerika, die Kulmination desselben auf den Unionsinseln, auf Neuseeland und im großen Ozean, dann den Aufgang des Mondes im Augenblicke des Endes der Finsternis in Westaustralien, Borneo und Ostchina. Es ist also die Mondfinsternis sichtbar in Australien, in dem südöstlichen Asien, auf den australischen Inseln und in den Polargegenden südlich von Australien.

Inhalt.

Seite

Aufgabe und Einteilung der Astronomie 1

I. Abschnitt.

Die Himmelskugel, die Himmelskörper und ihre scheinbaren Bewegungen.

A. Beobachtung der Himmelskugel und der täglichen Rotation derselben . 3
B. Beobachtung der Sonne in ihrer jährlichen Bewegung . . . 6
C. Kreissysteme und sphärische Coordination der Himmelskugel . . . 7
D. Der Fixsternhimmel, Astrognosie 11
E. Astronomische Meßinstrumente 15
F. Geschichtliches über die Entwicklung der Astronomie als Wissenschaft . 22

II. Abschnitt.

Die Erde, ihre Gestalt und Rotation.

G. Nachweis für die Kugelgestalt der Erde und Bestimmung ihrer Größenverhältnisse 31
H. Nachweis der täglichen Rotation der Erde und ihre Wirkungen . . 40
I. Darstellungsmethoden von Kugeloberflächen und von Teilen derselben; Netze für Land- und Sternkarten 46
K. Geschichtliches über Bildung und Erweiterung geographischer Vorstellungen und Kenntnisse 49

III. Abschnitt.

Die Himmelskörper des Sonnen- oder Planetensystemes.

L Die Erde ist ein Glied des Planetensystems und bewegt sich jährlich um die Sonne, die den Centralkörper bildet 56
M Der Mond und seine Bewegung als Trabant der Erde 63
N. Die Planeten und die übrigen Bestandteile des Sonnensystemes . . 66
O. Physische Beschreibung der Körper des Sonnensystemes und besondere Einflüsse derselben auf die Erde 72

IV. Abschnitt.

Zeitrechnung und Kalenderregeln.

P. Allgemeines über Zeitteilung und Zeitrechnung 78
Q. Christliche Festrechnung des neuen Stils 85

Anhang.

Uebungsaufgaben 91

Berichtigungen.

Seite 11 Zeile 3 von unten lies durchgepreßten.
„ 20 „ 3 „ oben „ = A und = B anstatt = a und = b.
„ 20 „ 8 „ unten „ QR anstatt AZ.
„ 25 „ 1 „ „ „ $^{11}/_{166}$ anstatt $^{11}/_{83}$.
„ 35 „ 1 „ oben „ $h \mp d$.
„ 36 „ 16 „ „ „ der Erdachse anstatt Erde.
„ 63 „ 13 „ unten „ Leverrier.
„ 68 „ 13 „ oben und Seite 74 Zeile 18 von oben lies 221 anstatt 201.
„ 77 Fig. 17, die durch E gehende Querlinie ist mit CD zu bezeichnen.

Buchdruckerei der Jos. Kösel'schen Buchhandlung in Kempten.

Verlag der Jos. Kösel'schen Buchhandlung in Kempten.
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.

Haggenmiller, J., **Genealogie der Hohenzollern** von 1061 bis 1871. Preis cart. 75 ₰.

Holl, **Musterbeispiele** zur Anfertigung der schriftl. Aufsätze. 8°. broch. Preis 80 ₰.

Köpf, **Palästina**, oder topographische Darstellung des biblischen Schauplatzes, verbunden mit einer kurzen Welt- und Religionsgeschichte. Mit 2 Landkarten. gr. 8°. Herabgesetzter Preis 1 ℳ 70 ₰

Martini, A. S., **Der Franke**, oder Rom im Beginne des 4. Jahrhunderts. Novelle. Autorisirte Uebersetzung von M. v. Büller. 8°. geh. Preis 3 ℳ 60 ₰., leg. gebd. 4 ℳ 50 ₰

Mösch, F., **Die neueren Sprachen** und ihr bildendes Element. 8°. gef. Preis 30 ₰.

„Diese interessante Abhandlung, in welcher der Verfasser in kurzen Umrissen die Geschichte der neueren Sprachen entwirft und die bildenden Momente jeder einzelnen derselben darlegt, dürfte jedem Gebildeten, auch dem Nichtfachmann zur Beachtung empfohlen werden." [Magaz. f. Pädagogik.]

—— **Die Erziehung in Schule und Haus.** 8°. gef. Preis 25 ₰.

„Würde die hier genannte Broschüre auch nur die auf Seite 4 und 5 gebotenen Erörterungen über das Verhältniß der deutschen Volksschule zu den Gewerbs- und Lateinschulen enthalten, sie wäre schon deßwegen allgemeiner Beachtung werth. Das sind ganz richtige Urtheile über eine Sache, von welcher die meisten Leute, so viel und je mehr man davon reden hört, keine klaren Vorstellungen haben. Aber auch die folgenden Seiten sind des Lesens und Beherzigens in hohem Grade werth. Lehrer und Eltern werden Ursache haben, dem Verfasser für seine in wenigen Sätzen niedergelegten wohlgemeinten und der Erfahrung abgewonnenen Rathschläge in Bezug auf Unterricht und Erziehung zu danken. Sind wir auch bezüglich dessen, was er über den deutschen Sprach- und den Religionsunterricht in der Volksschule sagt (Hr. Mösch ist sicherlich Protestant), nicht so ganz einverstanden, insofern er hinsichtlich der üblichen Methode wohl etwas zu trüb sieht, so erkennen wir doch sein Streben, Lehrern und Eltern das Beste zu rathen, an und wünschen lebhaft, daß seine Worte nicht bloß gehört, sondern auch in Schule und Haus auf's Genaueste befolgt werden möchten. Das wohlfeile Schriftchen sei darum allen Vereinsmitgliedern bestens empfohlen!" [Monika.]

—— **Der moderne Sprachunterricht** an den bayerischen Gewerbschulen. Ein Wort für Alle. 8°. gef. Preis 20 ₰.

„F. Mösch bricht in der Broschüre: „Der moderne Sprachunterricht an den bayerischen Gewerbeschulen" (Kempten, Kösel'scher Verlag) eine Lanze für einer ationellere Betreibung des Unterrichts in modernen Sprachen. Das granum salis liegt darin, der Lehrer möge, was den Uebersetzungsstoff betrifft, in die Gedankensphäre des Schülers herabsteigen, damit diesem die fremde Sprache vertraulicher erscheine."
[Grazer Tagespost.]

—— **Neue französische Schulgrammatik.** 8°. broch. Preis 1 ℳ 40 ₰.

—— **Die Regeln der französischen Sprache** in Frage und Antwort. 8°. broch. Preis 70 ₰.

Nikl, A., **Wahrheit im Gewande der Dichtung.** 8°. 1 ℳ 50 ₰.

Neue Reichsmünztabelle für Süddeutschland. Umwandlung von Gulden und Kreuzern in Mark und Pfennige und umgekehrt in abgerundeten Werthen. 8°. 1 Blatt Carton. Preis 8 ₰, aufgezogen 18 ₰.

Reindel, F., **Leitfaden der Geographie.** Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 28 Kärtchen in Holzschnitt. kl. 8°. broch. Preis 1 ℳ 50 ₰.

Verlag der Jos. Kösel'schen Buchhandlung in Kempten.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.

Schuler, G. M., **Kleine praktische Meßkunst für Feiertags- und gewerbliche Fortbildungsschulen.** Ein Leitfaden für Schüler wie Lehrer, sowie zum Selbstunterricht. Mit 6 Figurentafeln. kl. 8°. Preis broch. 90 ₰.

Schul-Ordnung für die Realschulen des Königreichs Bayern. 48°. Preis cart. 50 ₰

Sickinger, **Canossa im Lichte der Wahrheit.** Eine populär-historische Studie. 8°. broch. Preis 60 ₰.

Steck, F. X., **Sammlung von stereometrischen Aufgaben in systematischer Ordnung.** Ein Uebungsbuch für Gymnasien und Realschulen. 8°. 1881. Preis 1 ℳ 70 ₰.

Steck und Bielmayr, **Sammlung von arithmetischen Aufgaben in systematischer Ordnung.** Ein Uebungsbuch für Latein- und Realschulen. 8°. Sechste, verbesserte Auflage (1881). Preis 1 ℳ 30 ₰. (Vom kgl. bayr. Kultus-Ministerium zur Einführung genehmigt.)

— — **Resultate** dazu. 8°. geh. Preis 50 ₰.

— — **Resultate** zur vierten und fünften Auflage der Aufgaben-Sammlung. 8°. Preis 50 ₰.

— — **Lehrbuch der Arithmetik** für Latein- und Realschulen. 8°. Siebente, verbesserte Auflage (1880). Preis 1 ℳ 20 ₰. (Vom kgl. bayr. Kultus-Ministerium zur Einführung genehmigt.)

Stegmann, A., **Die Grundlehren der Ebenen Geometrie.** Mit 9 Figurentafeln. 8°. Zweite Auflage. Preis broch. 2 ℳ. (Vom kgl. bayr. Kultus Ministerium zur Einführung genehmigt.)

— — **Die Grundlehren der Stereometrie.** Mit 265 Lehrsätzen und Aufgaben zur Uebung und 7 Figurentafeln. 8°. broch. Preis 1 ℳ 20 ₰. (Vom kgl. bayr. Kultus-Ministerium zur Einführung genehmigt.)

— — **Die Grundlehren der ebenen und sphärischen Trigonometrie.** 8°. 1881. Preis 1 ℳ 20 ₰.

Weishaupt, Dr., **Sammlung von französischen Wörtern und Redensarten mit Angabe der Abstammung,** oder **Vocabulaire étymologique,** sammt einem Anhange über das Geschlecht der französischen Hauptwörter. Für Gymnasien und Lateinschulen bearbeitet. 8°. Preis 1 ℳ 40 ₰.

Schlechte Witze, während 50 Jahren gesammelt vom alten Moselaner. Erste Dosis. Mit Titelillustr. 8°. Preis broch. 1 ℳ 50 ₰, gebd. 1 ℳ 80 ₰. — Zweite Dosis. Mit Titelillustr. 8°. Preis broch. 1 ℳ 50 ₰, gebd. 1 ℳ 80 ₰.

Buchdruckerei der Jos. Kösel'schen Buchhandlung in Kempten.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Schelle, A. Kaspar

Lehrgang der populären Astronomie und mathematischen Geographie

Kempten 1882

Astr.u. 181 i
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11555006-9